

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ТОМ

II

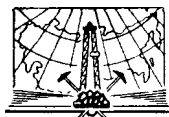
БЕЛОРУССКАЯ ССР

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
А. В. СИДОРЕНКО

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Н. В. РОГОВСКАЯ, Н. И. ТОЛСТИХИН, В. М. ФОМИН



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА». МОСКВА 1970

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)
УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ БССР

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ТОМ II

БЕЛОРУССКАЯ ССР

РЕДАКТОР
Г. В. БОГОМОЛОВ
ЗАМЕСТИТЕЛЬ РЕДАКТОРА
А. А. МАККАВЕЕВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА». МОСКВА 1970

**ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ МОНОГРАФИИ
„ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР“**

АФАНАСЬЕВ Т. П.
АХМЕДСАФИН У. М.
БАБИНЕЦ А. Е.
БУАЧИДЗЕ И. М.
ДУХАНИНА В. И.
ЕФИМОВ А. И.
ЗАЙЦЕВ И. К.
ЗАЙЦЕВ Г. Н.
КОЛМЫКОВ А. Ф.
КУДЕЛИН Б. И.
КЕНЕСАРИН Н. А.
МАККАВЕЕВ А. А.
МАНЕВСКАЯ Г. А.
ОБОДИН Н. И.

ОВЧИННИКОВ А. М.
ПЛОТНИКОВ Н. И.
ПОКРЫШЕВСКИЙ О. И.
ПОПОВ В. Н.
ПОПОВ И. В.
РОГОВСКАЯ Н. В.
СИДОРЕНКО А. В.
СОКОЛОВ Д. С.
ТОЛСТИХИН Н. И.
ФОМИН В. М.
ЧАПОВСКИЙ Е. Г.
ЧУРИНОВ М. В.
ЩЕГОЛЕВ Д. И.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ II ТОМА

БОГОМОЛОВ Г. В.
(ответственный редактор)
ГРИПИНСКИЙ Н. М.
КОЗЛОВ М. Ф.
ЛЕОНОВИЧ П. А.

МАККАВЕЕВ А. А.
(зам. ответственного редактора)
МАЛЯР Г. Г.
СВЕРЖИНСКИЙ А. И.
ТАРБЕЕВ В. Г.

ВВЕДЕНИЕ

Территория Белорусской ССР в современных ее границах занимает площадь свыше 200 000 км². На западе она граничит с Польской Народной Республикой, на северо-западе с Литовской ССР, на севере и востоке с областями Российской Федерации, на юге и юго-востоке с Украинской ССР. Протяженность территории БССР с востока на запад составляет 650 км и с севера на юг 560 км.

Республика характеризуется высокоразвитой промышленностью, большим количеством крупных предприятий, интенсивным развитием сельского хозяйства и сравнительно высокой плотностью населения (около 40 человек на 1 км² площади).

Подземные воды на описываемой территории имеют важнейшее значение как источник водоснабжения городов, сельских населенных пунктов и промышленных предприятий. При наличии в них редких и рассеянных компонентов они могут использоваться для лечебных целей, добычи брома, йода, бора, лития, радия и т. д.

На территории республики выявлены минеральные воды различного химического состава, представляющие интерес для лечебных целей. В настоящее время в Минске организован разлив минеральной воды «Минская минеральная вода» — для питьевых целей. В районе оз. Нарочь и Ждановичей построены санатории с использованием минеральных вод из отложений нижнего палеозоя.

Сейчас выбрана площадка для строительства санатория в г. Рогачеве на базе минеральной лечебной воды хлоридно-кальциевого состава. Вода, аналогичная Рогачевской, уже используется в областной больнице Минска, и намечается эксплуатация этого типа воды для лечебных целей в поселке Полоцкого нефтеперегонного завода.

Иногда подземная вода — вредный фактор. Например, в районе рудных и нерудных полезных ископаемых подземная вода мешает успешной проходке горных выработок. При отсутствии или избытке в подземной воде некоторых компонентов (йод, бор, фтор, радий и др.) довольно часто возникают серьезные заболевания как у людей, так и у животных. Так, для некоторых районов Белоруссии повышенное содержание в подземной воде фтора стало серьезной проблемой, заслуживающей внимания со стороны соответствующих научных организаций.

Подземные воды в БССР способствуют заболачиванию значительных территорий. Только в пределах одной южной части республики насчитывается свыше 5 млн. га ценных земель, подлежащих осушению для сельскохозяйственного использования. В настоящее время выявлено свыше 8 тысяч заторфованных массивов, большинство из которых имеют подземное или смешанное питание.

Увлажнение подземными водами склонов обуславливает их неустойчивость по берегам рек, по склонам оврагов, выемок шоссейных и железных дорог. В некоторых районах, находящихся в бассейнах рек Днепр, Сож, Зап. Двина, наблюдаются оползневые явления. Возведе-

ние сооружений на увлажненных грунтах требует дополнительных затрат на гидроизоляцию и усиление фундаментов.

Подземные воды бесспорно играли и играют огромную роль в геологических процессах, способствуя образованию карста в меловых породах юго-восточной части БССР, механической и химической суффозии, приводящих к выносу взвешенных и растворенных частиц из массивов горных пород. Подземные воды играют огромную роль в переносе различных компонентов, что благоприятствует образованию месторождений полезных ископаемых.

Из сказанного видно, какое огромное научное и практическое значение имеет всестороннее изучение подземных вод; особенно большое значение приобретают исследования по определению их ресурсов, учет которых в недрах имеет не меньшее значение, чем знание запасов любого минерального сырья.

Чтобы судить о количествах воды, потребляемой в отдельных областях, достаточно для примера привести современный культурный город с населением в 1 млн. жителей, которое требует ежедневно около 500 тыс. м³ доброкачественной воды. Несмотря на такие огромные количества потребляемой воды, очень часто многие считают, что водные ресурсы — это «дар природы» и что запасы их можно использовать в неограниченном количестве и без должного учета. В повседневной жизни вода, водный источник звучит как-то просто, и человек начинает думать о воде только тогда, когда ощущает в ней острый недостаток.

В результате этого бурение на воду скважин и их эксплуатация довольно часто производятся без должного учета естественных и эксплуатационных ресурсов подземных вод. Ряд скважин, вскрывших подземные воды, эксплуатируется без технического надзора, вследствие чего изливающаяся из них вода не только истощает имеющиеся водные запасы, но и заболачивает огромные земельные площади. В связи с этим в настоящее время назрела насущная необходимость в наведении порядка в деле правильного использования ресурсов подземных вод и их охраны от истощения как мероприятие, имеющее большое хозяйственное значение. Важность такого мероприятия диктуется также тем, что ряд отдельных водоносных горизонтов занимает территории нескольких областей, и недостаточно правильное использование ресурсов подземных вод и их охрана в пределах одной части может резко сказаться на качестве подземных вод и их ресурсов в других районах. В качестве примера можно привести Украинский артезианский бассейн, имеющий площадь свыше 0,5 млн. км² и охватывающий значительную часть территории Белоруссии, Украины и южные районы РСФСР.

В Советском Союзе ресурсы подземных вод изучаются в плановом порядке и без их утверждения не разрешается строительство водозаборов. В качестве основы для оценки ресурсов подземных вод положены степень и достоверность изученности территории в геологическом, гидрогеологическом, гидрологическом и гидрохимическом отношениях. В зависимости от детальности произведенных работ и имеющихся материалов по эксплуатации существующих водозаборов и отдельных скважин режиму водоносных пластов, химическому составу подземных вод определяется категория этих запасов.

На территории БССР, находящейся в зоне избыточного увлажнения, широкое распространение имеют как подземные, так и поверхностные воды. В республике в настоящее время насчитывается свыше 4000 озер различной площади и глубины. Некоторые из них (Нарочь) имеют площадь до 80 км² при длине свыше 12 км. По использованию подземных вод Белоруссия находится на первом месте в СССР. На ее

территории в настоящее время имеется два города — Полоцк и частично Гродно, где питьевое водоснабжение осуществляется за счет вод рек Зап. Двины и Немана. В последнее время и в районе названных городов выявлены пресные воды, которые будут использованы для целей водоснабжения. В пределах территории БССР ежегодное пополнение запасов подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков составляет около $653 \text{ м}^3/\text{сек}$. Естественные ресурсы пресных подземных вод территории БССР составляют порядка $453 \text{ м}^3/\text{сек}$, или 39 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

По ориентировочным подсчетам, с учетом водопотребления крупных городов, населенных пунктов, промышленных предприятий и сельского хозяйства на территории республики в настоящее время ежегодно потребляется до 2,98 млн. м^3 , или около 8,5% годовой величины естественных ресурсов.

К 1980 г. водопотребление в республике увеличится до 15 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$. По отдельным наиболее крупным городам потребность в воде достигнет нескольких сот тысяч кубических метров в сутки. Подсчитанные естественные ресурсы пресных подземных вод превышают потребность БССР в воде на 1980 г. почти в три раза.

К 2000 г. потребление подземных вод значительно увеличится. К этому времени по ряду районов прекратится питание открытых водотоков за счет стока подземных вод. В связи с этим во многих районах республики будут созданы естественные условия для осушения заболоченных массивов, обусловленные ранее высоким положением уровня подземных вод. Крупные водозаборы, расположенные у открытых водотоков, начнут подкачивать из них воду, что потребует создания необходимых санитарных мероприятий по защите подземных вод от загрязнения. В перспективе для сокращения длины линии водозаборных сооружений в районе крупных городов с большим потреблением подземных вод необходимо уже сейчас проработать вопрос о переводе вод поверхностного стока в подземный, путем устройства временных емкостей для инфильтрации или путем устройства системы водопоглощающих сооружений при тщательном сохранении санитарных условий, обеспечивающих охрану вод от загрязнения.

До составления настоящего тома был опубликован ряд сводных работ по гидрогеологии. Подробная характеристика опубликованных и фондовых работ по гидрогеологии дается в главе «История гидрогеологических исследований».

Обобщение накопленного фактического материала по гидрогеологии, гидрохимии, режиму и использованию подземных вод позволит более эффективно решать многие воднохозяйственные проблемы.

Монография «Гидрогеология СССР — Белорусская ССР» представляет собой сводку результатов многолетних гидрогеологических исследований на территории Белоруссии, которые выполнялись с целью выявления ресурсов подземных вод для целей водоснабжения и их роли в заболачивании отдельных районов.

При составлении тома использованы также материалы гидрогеологических съемок, буровых на воду работ, глубокого бурения, режимных наблюдений, данных по эксплуатации групповых и одиночных водозаборов, а также материалы поисково-разведочных работ на различные полезные ископаемые.

Следует отметить, что во всех этих материалах нет единообразия в выделении и названии химических типов подземных вод, а также в подразделении их по степени минерализации. В настоящем томе наименование химических типов подземных вод произведено по преобладающим анионам и катионам, присутствующим в воде в количестве

более 25% мг·экв (считая 100% анионов и 100% катионов). При названии химических типов подземных вод сначала в убывающем порядке по содержанию перечисляются анионы, а затем в том же порядке катионы.

В зависимости от содержания растворенных минеральных веществ (степени минерализации) подземные воды нами подразделяются на: пресные — с сухим остатком до 1 г/л воды; слабосоленоватые — от 1 до 3 г/л; солоноватые — от 3 до 5 г/л; сильносоленоватые — от 5 до 10 г/л; соленые — от 10 до 50 г/л и рассолы — выше 50 г/л.

Настоящий том составлен группой специалистов Управления геологии при Совете Министров БССР и Института геологических наук в г. Минске Министерства геологии СССР под руководством и редакцией акад. АН БССР проф. Г. В. Богомолова и докт. геол.-минерал. наук А. А. Маккавеева.

Каталог опорных скважин и колодцев, а также каталог химических анализов воды составлены А. И. Валайко и Л. М. Волковой.

Гидрогеологические карты четвертичных и дочетвертичных отложений масштаба 1 : 1 000 000 составлены Г. В. Богомоловым, Н. М. Грипинским, М. Ф. Козловым, Г. Г. Маляром, А. И. Свержинским.

Для составления гидрогеологической карты четвертичных отложений использована геологическая основа, составленная А. Н. Маклаковой и Т. А. Цымбал.

Геологическая основа для составления гидрогеологической карты дочетвертичных отложений составлена К. Е. Дунаевой, М. С. Кичкиной и А. И. Свержинским.

Гидрогеологические разрезы к картам, а также сводные стратиграфические разрезы с данными о водоносных горизонтах составлены Г. Г. Маляром, А. И. Валайко и М. С. Кичкиной.

Авторами карты прогнозных эксплуатационных запасов пресных подземных вод территории БССР масштаба 1 : 1 000 000 являются М. Я. Цауне, Р. И. Радзевич, Л. И. Кривошейко. Карта инженерно-геологического районирования территории БССР масштаба 1 : 1 000 000 и инженерно-геологические разрезы составлены Ю. С. Зубрицким, Н. И. Парфеновой, Л. М. Волковой.

В подготовке настоящей работы к печати приняли участие А. И. Валайко, М. С. Кичкина, Н. Н. Смирнова и Е. К. Щурок.

Авторы не исключают возможных недостатков настоящей работы и с благодарностью примут критические замечания со стороны специалистов и учтут их при дальнейшей работе.

ИСТОРИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первые отрывочные сведения о гидрогеологических условиях территории Белоруссии относятся к концу XVIII—началу XIX веков. Работы того времени проводились в рамках маршрутных геологических исследований, которые сопровождались некоторыми наблюдениями за подземными водами.

К концу XIX—началу XX веков геологические и гидрогеологические исследования принимают более целеустремленный характер. Они проводятся как в связи с общим изучением геологического строения Европейской части России, так и с решением конкретных задач (осушением болот и водоснабжением населенных пунктов за счет использования подземных вод).

К 1873—1876 гг. Западной экспедицией по осушению болот (под руководством И. И. Жилинского) произведены специальные исследования в Полесской низменности. Их результаты изложены в очерке, составленном И. И. Жилинским и опубликованном в 1899 г. в ряде статей других авторов (В. В. Докучаева, В. Хорошевского, А. И. Воейкова, И. В. Мушкетова и др.).

В 1903 г. Е. В. Оппоковым впервые для Белоруссии на водоразделе рек Днепра и Припяти было организовано изучение режима грунтовых вод. Стационарные наблюдения здесь производились до 1913 г., и их результаты опубликованы в 1914 г. отдельным изданием с приложением многочисленных таблиц и графиков. На основе многолетних наблюдений за уровнем грунтовых вод выявлены сезонные и многолетние закономерности режима неглубоко залегающих грунтовых вод.

Ценные данные по гидрогеологическим условиям бассейнов рек Птичи и Брагинки были получены в 1913—1915 гг. Полесской изыскательской партией, руководимой Е. В. Оппоковым, проводившей исследования в связи с составлением проекта регулирования рек и осушения болот.

В 1914—1915 гг. на территории г. Минска в связи с изысканием источников водоснабжения города были пробурены глубокие скважины. Материалы бурения были использованы П. А. Тутковским и Е. В. Оппоковым для разработки схемы геологического строения района Минска и выделения ряда водоносных горизонтов, приуроченных к коренным и четвертичным отложениям.

В период 1914—1916 гг. А. М. Жирмунским проведены исследования подземных вод с целью обеспечения водой войск Западного фронта. Результаты этих исследований опубликованы в 1927 г. в монографии «Подземные воды Западного края».

Резкий перелом в развитии геолого-гидрогеологических исследований на территории Белоруссии наступил после Великой Октябрьской социалистической революции. С этого времени геологические и гидрогеологические исследования принимают планомерный характер. С ис-

следованиями первых лет послереволюционного периода связано решение ряда народнохозяйственных задач — поисков полезных ископаемых, водоснабжения населенных пунктов, промышленных предприятий и др.

Большой вклад в дело регионального геолого-гидрогеологического изучения территории республики был внесен в результате проведения мелкомасштабных (1:420 000) съемок, покрывших большую часть площади Белоруссии, выполненных по поручению Геолкома. В 1919—1933 гг. были засняты В. В. Терлецким — 15, П. А. Тутковским — 16, А. М. Жирмунским — 28, Г. Ф. Мирчинком, Т. М. Микулиной, С. С. Малайревичем — 29, А. М. Жирмунским — 44 листы.

С 1928 г. на территории республики проводятся среднемасштабные геологосъемочные работы и специальные гидрогеологические исследования.

Сотрудниками Института геологических наук АН БССР А. В. Красовским, Н. Е. Ковалевым, Н. С. Тараймовичем, В. И. Маевским, М. М. Цапенко, С. М. Булыгой, Н. Е. Гиммельштейном, Н. Ф. Денисюком и др. в 1930—1938 гг. выполнены комплексные геологосъемочные работы в масштабах 1:100 000 и 1:200 000 и гидрогеологические исследования в масштабе 1:84 000 в восточной и юго-восточной частях территории республики. Гидрогеологические исследования проводились в связи с проектированием осушительных мероприятий исследуемой территории.

Начиная с 1938 г. комплексные геологосъемочные исследования в масштабе 1:200 000 на территории БССР проводятся Белорусским геологическим управлением. Н. Ф. Денисюк, Е. Н. Гиммельштейн, П. А. Леонович и другие в 1938—1941 гг. засняли значительную площадь в центральной и юго-восточной областях республики.

Детальные гидрогеологические и гидрологические исследования на небольших участках в бассейне рек Вить, Журы, Ведричи и Птичи проведены Белгипроводхозом в 1931—1938 гг. в связи с проектными разработками мероприятий по осушению и сельскохозяйственному освоению болот и заболоченных земель. Отдельные гидрогеологические исследования, заключающиеся в кратковременных наблюдениях за режимом подземных вод, проведены в 1931—1932 гг. Ленинградским гидрогеологическим институтом на территории Полесья и в бассейне Зап. Двины.

В 1928—1937 гг. Богомолловым Г. В., Духаниной В. И., Вевиоровской М. А. и другими проведены специальные гидрогеологические исследования, связанные с обоснованием водоснабжения г. Минска и выбором мест для размещения городских групповых водозаборов. Материалы этих исследований были обобщены Г. В. Богомолловым, Л. Г. Магером и Л. П. Айзиным в 1930 и 1938 гг.

В 1929 г. в Бобруйске и Минске при бурении скважин на питьевую воду были вскрыты солоноватые и сильносолоноватые воды. Несколько позже выходы сильносолоноватых и соленых вод были выявлены в Глусском районе, в долине р. Птичи и вскрыты скважинами в городах Борисове, Могилеве и на территории стеклозавода «Октябрь» Осиповичского района. Изучение этих вод, проведенное Н. Ф. Блюдоухом, Г. В. Богомолловым, П. В. Верешней, М. Ф. Козловым и другими, позволило установить наличие на территории Белоруссии двух основных типов минеральных вод: хлоридно-натриевых (аналогичных минеральным водам известных курортов Старая Русса, Друскенинкай и др.) и сульфатно-кальциево-магниевого. В 1938 г. в Бобруйске была построена бальнеологическая лечебница, в которой с большим успехом применялись хлоридно-натриевые воды при лечении

ревматизма, заболеваний двигательного аппарата и периферической нервной системы. Во время немецкой оккупации лечебница была разрушена. В послевоенный период здесь вновь пробурены скважины, и работа лечебницы восстановлена.

На территории центральных и южных областей БССР Государственным трестом «Спецгео» в период с 1937 по 1939 г. была произведена комплексная геолого-гидрогеологическая съемка в масштабе 1:200 000, результаты которой были обобщены в монографии А. А. Маккавеева [и др.] «Гидрогеологические условия Припятского Полесья».

После воссоединения в сентябре 1939 г. западных областей с БССР были начаты планомерные геолого-гидрогеологические исследования этой территории. Белгоспроектом были произведены гидрогеологические и инженерно-геологические исследования в районе городов Гродно, Бреста, Пинска и других в связи с намечавшейся их реконструкцией. Четвертым и Пятым геологическими управлениями Министрства геологии СССР проводились специализированные геолого-гидрогеологические и геологопоисковые исследования на территории листов N-34-XII, XV, XVI и XVII (исп. — Л. П. Волкова и др.). Позже Западным геологическим управлением были начаты поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.

Большая часть материалов довоенных исследований Полесского отделения Польского геологического комитета и Геологического комитета СССР по территории БССР бесследно утеряна во время войны, а сохранившаяся часть оказалась некомплектной.

В довоенное время площадные геологосъемочные работы охватили лишь небольшие участки западной, центральной и восточной Белоруссии.

После Великой Отечественной войны исследования подземных вод территории БССР получили более широкое развитие. В этот период на больших площадях стали выполняться геологические, а затем геолого-гидрогеологические съемки в масштабах 1:200 000, 1:100 000 и 1:50 000 (рис. 1).

В 1945—1948 гг. Четвертым и Пятым геологическим управлениями треста «Спецгео» (исп. В. К. Тагильцев, Г. Б. Сухман, К. В. Мамонтов и др.) специализированными геолого-гидрогеологическими съемками была покрыта крайняя западная часть территории республики. В эти же годы площадные комплексные геологические исследования выполнялись б. Белорусским геологическим управлением.

Государственной комплексной геологической съемкой в масштабе 1:200 000 охвачена большая часть территории республики. За период 1946—1958 гг. произведена съемка следующих листов: N-35-III (Видзы), исп. В. И. Пасюкевич, А. Н. Маклакова; N-35-IV (Браслав), исп. Е. Н. Жук, Л. Т. Пузанов; N-35-VI (Оболь), исп. Г. И. Зубович, Н. И. Рудницкий и др.; N-35-IX (Поставы), исп. В. А. Шидловский, Т. М. Буко; N-35-X (Глубокое), исп. В. В. Чехович, Л. Т. Пузанов; N-35-XV и западная часть N-35-XVI, исп. А. Н. Бессонов, В. В. Корольчук; N-35-XX (Лида), исп. Л. Тамкутонене, Л. И. Новограблена; N-35-XXI (Столбцы), исп. В. В. Чехович, А. С. Коваленко; N-35-XXVI (Слоним), исп. Н. М. Грипинский, В. А. Палазник; N-35-XXVII (Барановичи), исп. П. А. Леонович и др.; N-35-XXVIII (Слуцк), исп. Л. К. Берзина, З. И. Жигоцкая; N-35-XXIX (ст. Дороги), исп. П. А. Леонович и др.; западная часть листа N-35-XXXIV, исп. К. Ф. Радькович и В. С. Акимец; N-35-XXXV (Петриков) и N-35-XXXVI (Мозырь), исп. Е. Н. Гиммельштейн; N-34-XXIV (Гродно), исп. Л. М. Малявко, Л. Н. Вознячук; N-34-XXXVI (Брест), исп. А. К. Ковальчук, М. С. Кичкина; N-36-I (Сураж), исп. В. А. Шидловский, Н. И. Рудницкий;

Н-36-VII (Витебск), исп. В. И. Пасюкевич, В. В. Шахнюк; М-34-II и III, исп. Н. М. Грипинский и др; М-34-IV, V, VI, исп. П. А. Леонович.

С 1950 г. площадные гидрогеологические исследования проводились в пределах заболоченных территорий юга Белоруссии. Целью этих исследований являлось получение необходимых данных для проектиро-

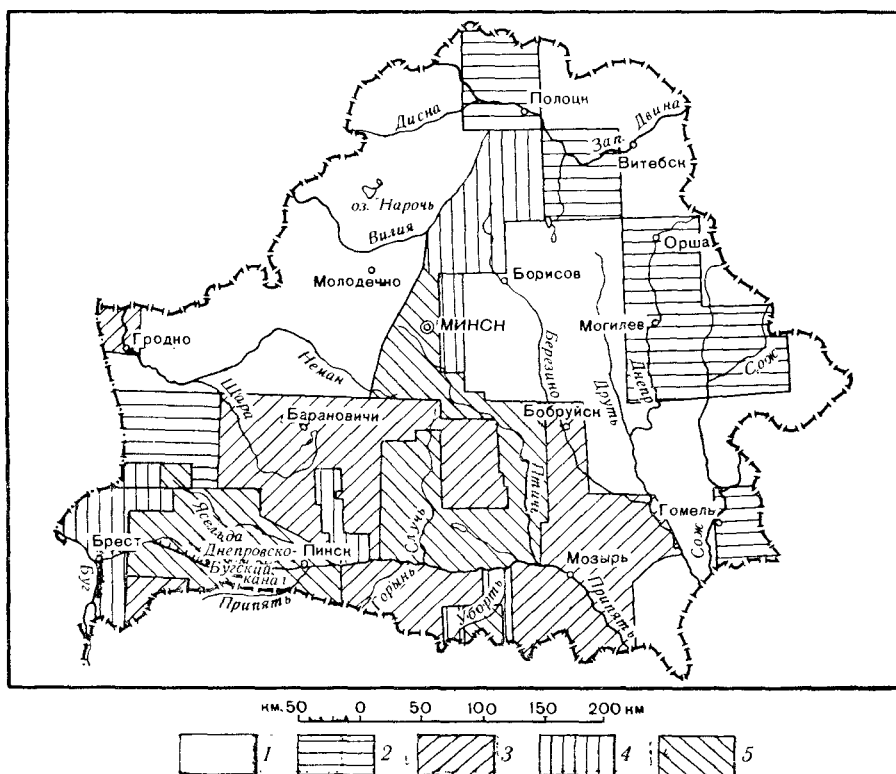


Рис. 1. Картограмма гидрогеологической заснятости территории Белорусской ССР по состоянию на I/I 1964 г. Составил Г. Г. Малаяр

1 — площадь, по которой составлена гидрогеологическая карта м-ба 1:500 000; 2 — площадь, покрытая кондиционной гидрогеологической съемкой в м-бе 1:200 000; 3 — площадь, покрытая гидрогеологической съемкой в м-бе 1:200 000; 4 — площадь, покрытая гидрогеологической съемкой в м-бе 1:100 000; 5 — площадь, покрытая гидрогеологической съемкой в м-бе 1:50 000

Примечание. (1, 3, 4, 5 — требуются дополнительные работы по изучению водоносных горизонтов, залегающих глубже первых от поверхности)

вания мелиоративных работ по сельскохозяйственному освоению болот и избыточно увлажненных земель Полесья. Масштабы съемок определялись стадией проектных работ.

Для составления схемы проекта по осушению и освоению болот и заболоченных земель производились гидрогеологические съемки в масштабе 1:200 000. В этом масштабе в 1950—1952 гг. партиями б. Западного геологического управления была закартирована значительная часть Припятского Полесья (исп. Н. М. Грипинский, Е. Н. Гиммельштейн, М. Ф. Медведь, Н. А. Фадеев, Е. И. Демидова и др.).

Для обеспечения составления проектного задания на строительство гидротехнических сооружений и проведения мелиоративных работ в пределах Полесья с 1953 г. выполняются специальные комплексные геолого-гидрогеологические съемки в масштабах 1:100 000 и 1:50 000 с инженерно-геологическими исследованиями. За период с 1953 по 1963 г. б. Западным геологическим управлением и Управлением геоло-

гии при СМ БССР по заданию Белгипроводхоза специализированные съемки в масштабах 1:100 000 и 1:50 000 проведены на большей части Припятского и Брестского Полесий (исп. Н. М. Гриппинский, А. С. Кабанов, М. Ф. Медведь, Г. Г. Маляр, М. Я. Цауне, Ю. С. Зубрицкий, Г. Ф. Глиняная, И. С. Лещинская, А. Н. Репина, З. Л. Дмитриева, Н. С. Ильина, Н. Р. Березовская, М. И. Гриценко и др.).

Решение вопросов сельскохозяйственного освоения болот и избыточно увлажненных земель требовало детального изучения первых от поверхности водоносных горизонтов, с которыми в основном связаны процессы заболачивания обширной территории Полесья. В соответствии с целевым назначением работ площадные гидрогеологические исследования сопровождались неглубоким бурением и в связи с этим освещают подземные воды верхней части стратиграфического разреза. Более глубокие водоносные горизонты изучены с гораздо меньшей детальностью.

Гидрогеологические съемки в масштабах 1:200 000, 1:100 000 и 1:50 000 проводились на юге и западе Белоруссии по специальному целевому назначению и не отвечают требованиям в части глубинности изучения гидрогеологических условий закартированной территории.

Сведения о подземных водах глубоких водоносных горизонтов на территории Белоруссии накапливались в процессе поисков Управлением геологии при СМ БССР минеральных вод, изучения геологического строения глубинных недр в связи с возможным выявлением в них различных полезных ископаемых (нефть, газ, калийная и каменная соли и др.), а также при бурении трестом «Бурвод» скважин для водоснабжения.

С 1958 г. площадные гидрогеологические исследования проводятся Геолого-гидрогеологической экспедицией, а с 1966 г. Белорусским геолого-гидрогеологическим трестом Управления геологии при Совете Министров БССР в комплексе с государственной геологической съемкой в масштабе 1:200 000.

Комплексная геолого-гидрогеологическая съемка сопровождается бурением и опробованием сравнительно глубоких специальных гидрогеологических скважин с учетом изучения водоносных горизонтов, на которых может базироваться водоснабжение городов и промышленных центров. За период с 1958 по 1963 г. комплексной геолого-гидрогеологической съемкой в масштабе 1:200 000 покрыты следующие листы восточной и западной частей республики: N-35-XII (Бешенковичи), исп. Б. Н. Гурский, В. И. Гридин; N-36-XIII (Орша), исп. М. Я. Цауне, Б. Н. Гурский; N-36-XIX (Могилев), исп. Г. И. Илькевич, В. И. Горбатенко; N-36-XX (Кричев), исп. Н. И. Рудницкий, И. В. Шамшева; N-36-XXXII (Добруш), исп. Б. Н. Гурский, С. К. Верткова; N-35-XXV (Волковыск), исп. А. К. Ковальчук, Л. А. Кривошейко; N-35-V (Полоцк), исп. В. И. Пасюкевич, В. Ф. Глебов.

Кроме гидрогеологических съемок, на значительных площадях Белгипроводхозом в послевоенный период производились гидрогеологические исследования на отдельных ограниченных участках с целью получения исходных данных для проектирования работ по сельскохозяйственному освоению конкретных болотных массивов.

В связи с реконструкцией городов и строительством инженерных сооружений на территории БССР различными организациями производились изыскания, в результате которых накоплен богатый материал, часто довольно детально освещающий инженерно-геологические и гидрогеологические условия отдельных пунктов.

С 1959 г. Управлением Геологии при СМ БССР производятся планомерные поисково-разведочные работы по выявлению минеральных вод для строительства на их базе санаториев и курортов в республике. За

период с 1959 по 1964 г. произведенными работами в районе городов Минска, Витебска, Рогачева и оз. Нарочь доказано наличие лечебных вод в толще палеозойских и верхнепротерозойских отложений (исп. В. А. Ольховик, С. П. Гудак).

С 1960 г. Управлением геологии при СМ БССР впервые для Белоруссии производятся поисково-разведочные и детальные гидрогеологические исследования с подсчетом эксплуатационных запасов пресных подземных вод для водоснабжения наиболее крупных городов,строек большой химии и других крупных промышленных центров республики. В течение нескольких лет в районе Минска, Светлогорска и Гомеля гидрогеологическими партиями Управления геологии при СМ БССР разведаны и утверждены в ГКЗ запасы пресных подземных вод в количествах, достаточных для полного обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения этих городов не только в настоящее время, но и в перспективе (исп. С. П. Гудак, М. П. Зюзькевич, А. С. Кабанов, В. Г. Лободенко, Г. Г. Маляр, А. И. Свержинский, Р. А. Станкевич, Ю. Г. Шкиль). Проведенными работами установлено, что на территории Белоруссии наиболее благоприятными для строительства водозаборов являются те участки, где основной для эксплуатации водоносный горизонт имеет наибольшую мощность и водоотдачу водовмещающих пород; залегает на глубинах, обеспечивающих создание необходимых понижений в скважинах в течение всего расчетного срока эксплуатации водозабора; имеет гидравлическую связь с выше- и нижележащими водоносными горизонтами, содержащими пресные воды, а также с поверхностными водотоками.

Постановка гидрогеологических исследований, разработка применительно к местным условиям поисков, детальной разведки и подсчета эксплуатационных запасов пресных и минеральных подземных вод на территории БССР с 1959 г. производится под руководством П. А. Леонovichа, А. И. Свержинского, Н. М. Грипинского, Г. Г. Маляра и С. П. Гудака.

Значительная работа по установлению закономерностей распространения и выявлению минеральных вод для развития на их базе курортов в республике проведена М. Ф. Козловым.

Коллективу гидрогеологов Управления геологии при СМ БССР весьма большую и ценную помощь по методике разведки и подсчету эксплуатационных запасов пресных подземных вод для целей водоснабжения оказали работы Н. Н. Биндемана (1963) и его неоднократные консультации по разведке подземных вод на территории БССР.

С 1947 г. Белорусской гидрогеологической станцией Управления геологии при СМ БССР выполняются работы по наблюдению за режимом подземных вод, производится количественная оценка основных элементов баланса грунтовых вод по отдельным районам и расчеты ширины зоны влияния паводка ряда рек Белоруссии на уровни грунтовых вод. В последние годы организованы и производятся наблюдения за режимом подземных вод в нарушенных эксплуатацией условиях в основных городах и промышленных центрах республики, а также начаты работы по охране подземных вод от истощения и загрязнения (исп. И. М. Корниенко, З. И. Жигонская, Р. А. Станкевич, А. П. Ваховский и др.).

В послевоенный период наблюдения за режимом подземных вод были организованы Институтом геологических наук АН БССР в Глуском и Старобинском районах (М. Ф. Козлов, Я. М. Шилинская и др.).

Одновременно с проведением полевых исследований выполнялся сложный комплекс камеральных, тематических и научно-исследовательских работ.

До Великой Отечественной войны сводные работы по гидрогеологии Белоруссии были составлены Г. В. Богомоловым (1937, 1938, 1941).

В 1944 г. сотрудниками ВГФ (В. И. Духанина и А. В. Щербаков) и Белорусского геологического управления (А. Н. Золотарева) составлен кадастр подземных вод БССР по состоянию на 1/1 1941 г. Кадастром учтено около 13 000 водных объектов, в том числе буровых на воду скважин около 3000. А. Н. Наревич, начиная с 1945 г. и в последующие годы, значительно пополнил и систематизировал кадастр подземных вод по районам современного административного деления БССР. Им же составлены регистрационные карты буровых скважин по областям в масштабе 1:200 000. Особенно значительно пополнен кадастр подземных вод по западным областям БССР. К настоящему времени кадастром подземных вод БССР учтено около 9000 скважин.

В 1945 г. В. И. Духаниной составлена карта основных водоносных горизонтов Белоруссии в масштабе 1:1 000 000 с объяснительной запиской. В этой работе приведена краткая характеристика водоносных горизонтов четвертичных и частично дочетвертичных отложений, даны рекомендации по практическому использованию их для целей водоснабжения.

В 1945—1946 гг. сотрудниками б. Белорусского геологического управления (А. Н. Золотарева, И. М. Корниенко и др.) и Института геологических наук АН БССР (М. Ф. Козлов) под общей редакцией Г. В. Богомолова составлены сводные гидрогеологические карты БССР в масштабе 1:500 000 с объяснительными записками, содержащими качественную и количественную характеристику подземных вод в основном неглубоко залегающих водоносных горизонтов.

В 1946 г. М. Ф. Козловым (Институт геологических наук АН БССР) закончена работа «Гидрогеологическое районирование территории восточной части БССР». На основании анализа большого фактического материала по подземным водам БССР в этой работе приводится характеристика гидрогеологических условий района, устанавливаются основные закономерности распределения подземных вод и дается гидрогеологическое районирование с выделением главнейших водоносных горизонтов, имеющих практическое значение.

В 1947 г. вышла из печати монография Г. В. Богомолова «Подземные воды Белоруссии». Автором произведено гидрогеологическое районирование территории БССР и приведена характеристика степени водообеспеченности выделенных гидрогеологических районов. Монография иллюстрируется серией карт и разрезов, на основе которых устанавливается характер и условия залегания артезианских и грунтовых вод.

В 1951 г. А. А. Маккавеевым (ВСЕГИНГЕО) было составлено «Сводное гидрогеологическое описание Припятского Полесья в связи с его осушением». В работе дана детальная характеристика гидрогеологических условий Полесья и водного питания болот.

В 1955 г. сотрудником б. Западного геологического управления Е. А. Савицкой составлена карта основных водоносных горизонтов Белорусской, Литовской, Латвийской ССР и Калининградской областей РСФСР масштаба 1:1 500 000 для целей сельскохозяйственного водоснабжения, а в 1957—1958 гг. — обзорные гидрогеологические карты м-ба 1:500 000 основных и дополнительных водоносных горизонтов для сельхозводоснабжения территории БССР. Эти карты являются составной частью изданной в 1960 г. карты основных водоносных горизонтов Европейской части СССР масштаба 1:1 500 000 для целей водоснабжения, составленной коллективом научных сотрудников отдела региональной гидрогеологии ВСЕГИНГЕО и гидрогеологами ряда террито-

риальных геологических управлений под руководством В. И. Духаниной.

В том же 1955 г. А. Я. Стефаненко и А. П. Марковой (ИГН АН БССР) закончена монография «Подземные воды палеозойских отложений БССР», в которой освещаются вопросы формирования подземных вод, приуроченных к палеозойским отложениям.

В послевоенное время вышел ряд работ А. Я. Стефаненко, М. Ф. Козлова, А. П. Марковой и др. (1951, 1952, 1958, 1960, 1964), посвященных минеральным водам БССР и перспективам их использования в бальнеологических целях и в промышленности, и А. П. Лаврова (1958, 1960, 1961, 1962, 1963) — по оценке водного баланса на основе изучения гидрографов рек. Изучению инженерно-геологических свойств отдельных генетических типов пород посвящены работы И. Л. Дзилны (1960, 1961) и Н. И. Парфеновой (1961) (ИГН АН БССР), Н. И. Ловыгина (1961) (Белорусский политехнический институт).

В 1955—1958 гг. работниками ВНИГРИ И. М. Климовым и Г. Г. Радюшкиной произведен сбор и обобщение гидрохимических материалов по западной части Русской платформы, охватывающей и территорию БССР. В работе охарактеризован солевой и газовый состав вод в палеозойских отложениях и условия их формирования.

В 1958 г. опубликована карта грунтовых вод Европейской части СССР масштаба 1:1 500 000, составленная коллективом авторов (ВСЕГИНГЕО) под руководством А. Н. Семихатова и В. И. Духаниной. На этой карте отображено распространение, глубина залегания и химический состав грунтовых вод, а в объяснительной записке к ней дана краткая характеристика подземных вод.

В 1962 г. опубликована работа коллектива авторов — Г. В. Богомолова, М. С. Яншиной, Г. Н. Плотникова, Л. И. Флеровой — «Подземные воды центральной и западной частей Русской платформы». В ней на основе палеогидрогеологического анализа освещаются условия формирования различных типов подземных вод в палеозое.

В опубликованной в 1963 г. работе «Геология, гидрогеология и нефтегазоносность Белоруссии» М. А. Гатальский обобщил большой материал по подземным водам глубоких горизонтов БССР.

В 1962—1963 гг. тематическими партиями Главгеологии БССР обобщен обширный фактический материал и составлен ряд сводных работ по подземным водам Белоруссии.

В 1962 г. Г. Г. Маляром и Л. М. Волковой (Управление геологии при СМ БССР) под методическим руководством В. И. Духаниной (ВСЕГИНГЕО) составлена гидрогеологическая карта Белорусской ССР масштаба 1:2 500 000 с объяснительной запиской. На основании обобщения всех гидрогеологических материалов, накопленных в процессе геолого-гидрогеологического картирования, бурения глубоких опорных и эксплуатационных на воду скважин и других гидрогеологических данных, в этой работе отображены закономерности залегания, распределения и, частично, формирования подземных вод, приведена характеристика их химического состава, водообильности водовмещающих пород и указана возможность применения подземных вод в народном хозяйстве. Гидрогеологическая карта Белорусской ССР масштаба 1:2 500 000 является составной частью гидрогеологической карты территории СССР масштаба 1:2 500 000, составленной под руководством В. И. Духаниной.

В 1961—1962 гг. М. Я. Цауне, Р. И. Радзевич и другие (Управление геологии при СМ БССР) под методическим руководством Н. Н. Биндемана (ВСЕГИНГЕО) произведена региональная оценка эксплуата-

ционных запасов пресных подземных вод Белоруссии. Запасы подсчитаны по основным водоносным горизонтам и комплексам. Они определены величиной примерно, в три раза превышающей потребность республики в воде на 1980 г.

Ю. С. Зубрицким и Л. М. Волковой (Управление геологии при СМ БССР) под методическим руководством М. В. Чуринова (ВСЕГИНГЕО) в 1962—1963 гг. составлена инженерно-геологическая карта Белорусской ССР масштаба 1:2 500 000 с объяснительной запиской. В этой работе дана инженерно-геологическая характеристика поверхностных отложений.

По заданию института Гидропроект на основании материалов геолого-гидрогеологических средне- и крупномасштабных съемок, данных буровых скважин и анализа работы существующих водозаборов Г. Г. Мальяром, Р. И. Станкевичем и М. П. Зюзькевичем (Управление геологии при СМ БССР) в начале 1964 г. составлено заключение об источниках водоснабжения 44 наиболее крупных городов Белоруссии на 1970 и 1980 гг. и разработана предварительная схема расположения групповых водозаборов по каждому городу. В составленном заключении обоснована возможность полного удовлетворения потребности городов республики в хозяйственно-питьевой воде на 1970 и 1980 гг. за счет подземных вод. Эти материалы положены в основу при составлении Генеральной схемы комплексного использования водных ресурсов Белорусской ССР.

Изложенные сведения о гидрогеологической изученности территории Белоруссии свидетельствуют о том, что по республике за истекший период накоплен большой фактический материал, который периодически обобщался сотрудниками Управления геологии при СМ БССР, б. Института Геологических наук АН БССР, института ВСЕГИНГЕО и других организаций. Завершающей стадией сводки и обобщения гидрогеологических материалов по территории Белоруссии на данной стадии ее изученности является подготовка к изданию настоящего тома «Гидрогеология Белорусской ССР».

Обобщенные материалы по гидрогеологии Белоруссии будут использованы различными организациями при проектировании питьевого и технического водоснабжения, изучении и оценке подземных вод как источника сырья для лечебных и промышленных целей, постановке различных видов более детальных гидрогеологических работ по дальнейшему изучению подземных вод, а также для развития теоретических исследований по формированию подземных вод.

Однако к настоящему времени степень изученности подземных вод БССР является неравномерной как по площади, так и на глубину. Вместе с тем роль подземных вод в народном хозяйстве республики в целом значительно возрастает в связи с развитием химической и других видов промышленности, а также интенсификации сельского хозяйства.

Для решения практических вопросов по использованию подземных вод необходимо завершить на всей территории республики гидрогеологическую съемку в масштабе 1:200 000 с применением бурения глубоких гидрогеологических скважин. В результате этих съемок будут изучены грунтовые воды, а также более глубоко залегающие водоносные горизонты с пресными водами, которые послужат базой для водоснабжения городов и промышленных предприятий. Материалы этих съемок позволят выделить основные для эксплуатации водоносные горизонты. Дальнейшее изучение их будет производиться путем постановки поисково-разведочных и детальных гидрогеологических исследований, завершающихся подсчетом эксплуатационных запасов подземных вод по промышленным категориям. Опыт разведки и подсчета эксплуатационных

запасов подземных вод для водоснабжения г. Минска, утвержденных ГКЗ впервые в таких значительных количествах для Европейской части СССР, показывает что принятая последовательность гидрогеологических исследований является наиболее целесообразной.

Для наиболее эффективного использования подземных вод необходимо продолжить и усилить изучение режима работы действующих водозаборов с обобщением данных по опыту их эксплуатации.

На территории БССР необходимо также продолжить изучение режима подземных вод в естественных условиях, значительно усилить работы по определению баланса подземных вод и охране их от загрязнения и истощения.

Имеющиеся материалы по гидрогеологии Белоруссии позволяют уже в настоящее время составить гидрогеологическую карту масштаба 1 : 500 000. Начатые Управлением геологии при СМ БССР работы по этой теме будут завершены в ближайшее время.

В процессе структурного, разведочного и картировочного бурения необходимо изучать все встреченные водоносные горизонты и комплексы, содержащие пресные и минерализованные воды.

Вопросы глубинной гидрогеологии и гидрохимии, имеющие большое значение для выяснения перспектив на нефть и газ, а также выявления промышленных, минеральных и термальных вод, необходимо изучать как на базе поисково-разведочных скважин на нефть и газ, бурение которых продолжается Управлением геологии при СМ БССР в настоящее время, так и путем постановки специальных гидрогеологических исследований.

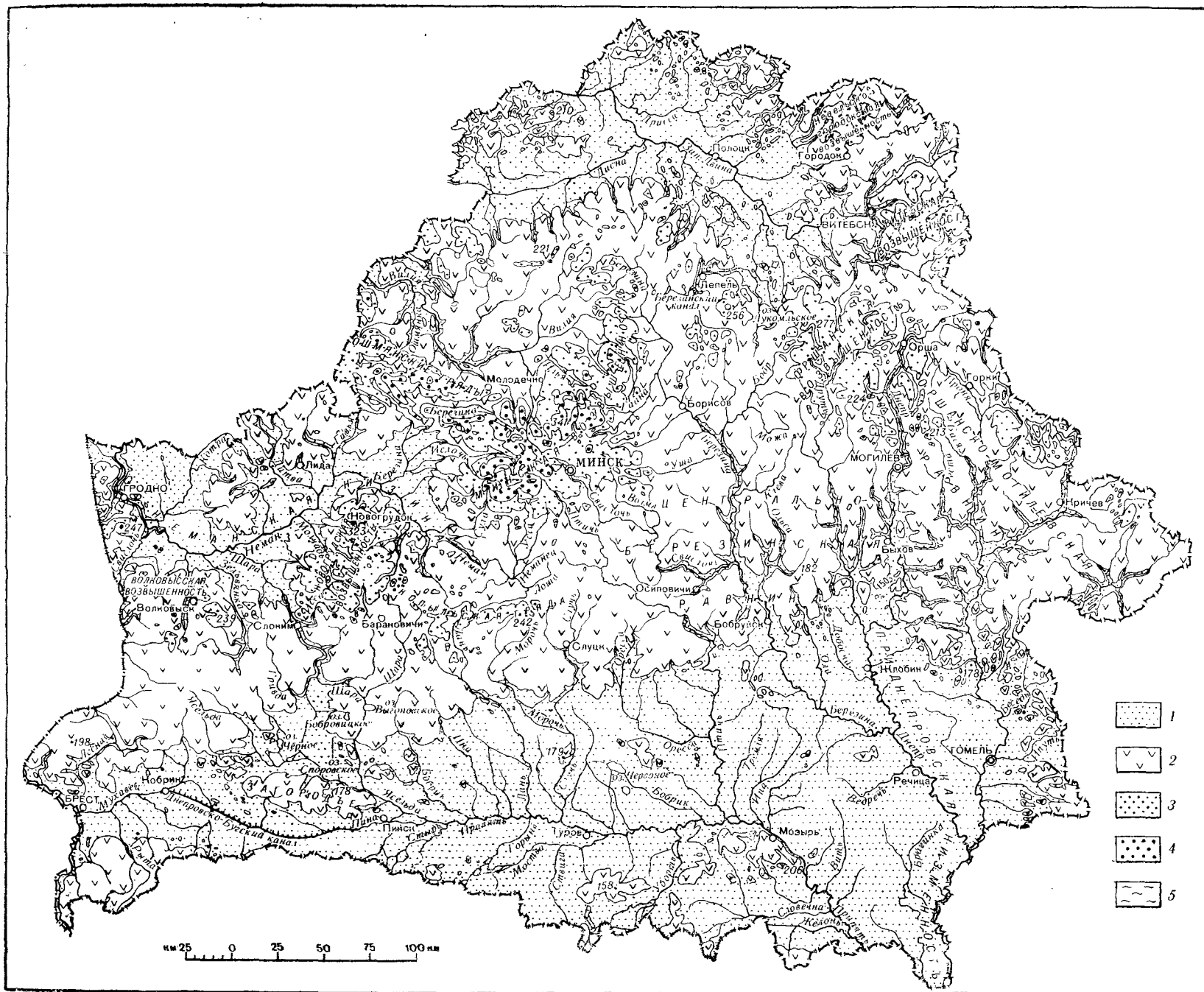


Рис. 2. Физическая карта Белорусской ССР. Составил В. А. Дементьев
 Шкала высот: 1 — 100—150 м; 2 — 150—200 м; 3 — 200—250 м; 4 — 250—300 м; 5 — выше 300 м

ОСНОВНЫЕ ЕСТЕСТВЕННОИСТОРИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Рельеф. Современный рельеф Белоруссии формировался в течение длительного времени. Но основные черты он приобрел в кайнозойскую эру и в особенности в четвертичный период в связи с деятельностью ледников, флювиогляциальных потоков, а также текучих вод в послеледниковое время.

В общих чертах современная поверхность Белоруссии представляет чередование обширных холмистых возвышенностей с плоскими равнинами или слабовогнутыми низинами (рис. 2).

Наиболее возвышенный и пересеченный рельеф наблюдается в северо-западной части Белоруссии.

От западных границ республики на восток, а затем на северо-восток протянулась Белорусская моренная гряда, достигающая в средней части Минской возвышенности высоты 350 м над уровнем моря.

Белорусская гряда расчленена на ряд возвышенностей, разделенных речными долинами или вклинивающимися участками прилегающих низин. На западе она включает Гродненскую (до 239 м), Волковысскую (до 252 м), Слонимскую (до 210 м) и Новогрудскую возвышенности до 323 м высотой, с юго-востока к последней примыкает Копыльская гряда с более выровненной поверхностью.

Минская возвышенность на северо-востоке республики понижается и в районе Лепельского и Лукомльского озер достигает высоты 254 м, затем она переходит в Оршанско-Витебскую возвышенность, севернее которой расположены Невельско-Городокские высоты, достигающие 250 м над уровнем моря.

На запад и северо-запад от Минской возвышенности отходят Ошмянская с высотами до 320 м и Свенцянская (до 285 м) грядово-моренные возвышенности, соединяющие Белорусскую гряду с Балтийской. К Ошмянской гряде с юго-западной ее стороны примыкает небольшая, приподнятая до 200 м над уровнем моря мелкохолмистая Лидская равнина.

На крайнем севере республики расположены небольшие отроги и боковые гряды Балтийской гряды, известные под названием Браславской (до 180 м) и Освейской гряд (194 м).

Между перечисленными моренными грядами расположен ряд низин. Наиболее обширной является Полоцкая низина, приподнятая над уровнем моря на 130—160 м. Вдоль Западной Двины располагаются Суражская (150—170 м) и Чашникская (100—150 м) низины.

Между Свенцянской и Ошмянской грядами находится Нарочано-Вилейская низина (140—160 м), имеющая котловинный и плоскохол-

мистый рельеф в северной части, а на юге переходящая в долину р. Вилии. Неманская низина простирается на территории запада республики. Абсолютные отметки ее поверхности составляют 120—140 м. Она представляет собой довольно обширную древнюю долину р. Немана, наклоненную к западу.

В бассейне рек Друти, Березины и Птичи расположена обширная Центрально-Березинская равнина с преобладающими отметками 160—180 м на севере и 140—150 м на юге.

По верхнему течению р. Шары расположена Барановичская равнина с абсолютными высотами 160—180 м.

На юго-западе республики к Белорусской гряде примыкает Прибугская равнина с мелкохолмистым моренным рельефом и остатками конечных морен. Она расположена на абсолютных высотах 150—200 м, а на юго-востоке сливается с низиной Полесья.

Полесье представляет собой плоскую, слабодренированную ложбину, состоящую из широких, плоских речных террас, объединяемых системой р. Припяти. Эти террасы сложены мощным слоем древнего и современного аллювия и имеют абсолютные отметки от 110 до 160 м. Западная часть низменности, называемая Брестским Полесьем, находится на абсолютных отметках 140—150 м. Центральное Припятское Полесье снижается к р. Днепр до абсолютной отметки 110 м.

Моренные холмы и возвышенности в Полесье встречаются сравнительно редко, наиболее значительные из них Волинская и Мозырская гряды с отметками свыше 200 м над уровнем моря.

Рельеф восточной половины республики равнинный, платообразный. Наиболее высоким является лёссовое Оршанско-Могилевское плато, прорезанное речными долинами, балками и оврагами. В средней части высота его достигает 240 м над уровнем моря.

Реки Белорусской ССР принадлежат бассейнам Балтийского и Черного морей. К бассейну Балтийского моря относятся водосборы рек Зап. Двины, Ловати, Немана и Зап. Буга. Они занимают 43% площади БССР. К бассейну Черного моря относится водосбор р. Днепра, занимающий 57% площади республики.

Самой крупной рекой Белоруссии является Днепр, который на территории БССР имеет протяженность 700 км. Характер речной долины изменяется вниз по течению, на всем протяжении наблюдается подмыв правого крутого и обрывистого берега и образование аллювиальных отложений на низком левом берегу. Ширина русла изменяется от 120—150 до 400—500 м. В долине реки выделяются две террасы, возвышающиеся над урезом воды на 4—10 и 10—12 м. Среднегодовой расход составляет 583,98 м³/сек. В Днепр в пределах БССР впадают реки Березина, Друть, Свислочь, Проня — с правой стороны; Сож, Ипуть, Беседь — с левой.

Река Припять является самым большим (до 800 км) из судоходных притоков Днепра в пределах БССР. Долина Припяти на всем протяжении неясно выражена, русло ее извилистое, во многих местах разветвленное, меандрирующее, ширина русла изменяется от 30—40 до 300 м. Берега реки обрывистые высотой 1,5—2,5 м над урезом воды. Ширина поймы изменяется от 2,0—2,5 до 30 км. Правые притоки Припяти: реки Уборть, Ствига, Горынь, Простырь; левые притоки: реки Птичь, Случь, Ясельда, Бобрик, Цна и др. Левые притоки Припяти в пределах моренных возвышенностей или гряд имеют четко выраженные речные долины с довольно крутыми склонами высотой 10—30 м. Их поймы шириной до 400 м покрыты заливными лугами, местами заболочены. При переходе к Полесской низменности долины рек посте-

пенно сливаются с окружающими болотными массивами. Ширина их составляет 1,0—1,5 км, а ниже по течению до 7—12 км.

Река Березина имеет протяженность около 613 км, в верховьях протекает в широкой заболоченной долине (4,5—6 км), представленной двумя террасами, возвышающимися над урезом воды на 3—4 и 15—20 м. Ширина поймы составляет 1—5 км. Русло реки извилистое, местами разветвленное, ширина его в межень 20—40 м. В низовьях коренные берега обрывистые и изрезаны оврагами, ширина русла достигает 180 м, ширина долины — до 20 км. Среднегодовой расход составляет 140,74 м³/сек.

Река Сож в пределах республики имеет протяженность 640 км. Русло Сожа сильноизвилистое, достигает в ширину до 150 м. Ширина долины изменяется в среднем от 1—2 км в верхнем течении до 10 км в низовьях. Среднегодовой расход составляет 224,94 м³/сек.

Северная часть территории БССР в субширотном направлении пересечена р. Зап. Двиной с каньонообразной долиной и малоизвилистым руслом, часто с длинными прямыми плесами и повсеместно развитой поймой. Долина реки представлена двумя надпойменными террасами: высота первой 8—11 м и второй около 20—22 м. Ширина поймы изменяется от 10—15 до 200 м, ширина русла составляет обычно 100—160 м.

С правой стороны в Зап. Двину впадают реки Дрисса, Оболь, а с левой — реки Лучеса, Улла, Ушача и Дисна. Среднегодовой расход Зап. Двины составляет 499,8 м³/сек.

На западе республики протекает р. Неман протяженностью до 460 км и среднегодовым устьевым расходом 216,4 м³/сек. Русло реки извилистое, имеет ширину 4—8 м, иногда достигает 40—100 м. Долина р. Неман хорошо разработана. В ее пределах выделяется две надпойменные террасы и лишь в районе Гродненской возвышенности выделяется пять надпойменных террас. Характер долины на разных участках различен, в верховьях Неман имеет только первую надпойменную террасу шириной 1,0—1,5 км. В пределах Верхнелембурьской низины выделяется две надпойменные террасы, средняя ширина первой составляет 4—5 км, второй — 15—20 км. В районе Гродненской возвышенности террасы неширокие, развиты в виде отдельных сегментов. Ширина первой надпойменной террасы изменяется от 50 до 200 м, второй — до 5—6 км, ширина остальных трех террас не превышает 10—15 м.

Наиболее крупным притоком Немана, впадающим с левой стороны, является р. Щара. Русло ее шириной около 30 м протекает среди песчаной, поросшей лесами равнины.

Река Вилия впадает в р. Неман с правой стороны. Долина ее шириной 0,2—2 км имеет крутые берега, высота их составляет 3—60 м.

Из других левых притоков Немана необходимо отметить реки Молчадь, Зельвянку, Россь и Свислочь, а из правых — реки Березину и Котру.

На юго-западе республики протекает р. Зап. Буг. Долина реки выше г. Бреста имеет ширину 3—4 км, местами 7 км. Коренные берега ее суглинистые высотой 3—4 м. Основным правым притоком Буга является р. Мухавец с низкими пологими берегами, с заболоченной поймой.

Озера. В Белоруссии насчитывается до 4 тысяч озер. Основная часть озер сосредоточена на северо-западе во впадинах холмисто-моренного ландшафта. Среди них выделяются: Нарочь, Дрисвяты, Снуды-Струсто, Дривяты, Освейское, Нещердо и Лукомльское. Эти озера отличаются

значительным разнообразием очертаний, сложным рельефом дна, нередко крутыми берегами и наличием островов; разнообразны они и по своему режиму. Максимальная глубина изменяется от 8—10 (озера Нещердо и Лукомлькое) до 53 м (оз. Дрисвяты).

Образование вышеуказанных озерных котловин связано с деятельностью ледников на территории Белоруссии.

Полесские озера более однообразны и расположены на речных террасах в виде стариц либо представляют собой расширенные русла рек. Большинство из них сохранилось в плоских часто заболоченных понижениях благодаря незначительным уклонам и слабому дренажу территории.

Из полесских озер по своим размерам выделяются оз. Червоное площадью 44 км², глубиной 5 м и оз. Выгоновское площадью 24 км², глубиной 2,5 м.

В озерах вследствие зарастания разнообразной растительностью создаются благоприятные условия для накопления слоя сапропеля мощностью до 5—7 м.

Питание рек и озер Белоруссии происходит за счет подземных вод, а также стока талых снеговых и дождевых вод. Изменчивость годового стока зависит от климатических условий, а именно: от атмосферных осадков и факторов, обуславливающих сток весеннего половодья. Норма годового стока рек Белоруссии уменьшается от 260—240 мм на севере до 120—90 мм на юге.

Минимальной изменчивостью годового стока характеризуются реки бассейнов Немана и Березины, где снеговое питание играет второстепенную роль.

Климат. Белоруссия расположена в зоне умеренного климата. Тепловой режим характеризуется постепенным понижением температуры воздуха в направлении с юго-запада на северо-восток, в зависимости от понижения места по географической широте и относительно Атлантического океана.

Континентальность климата возрастает с запада на восток. Наиболее высокая среднегодовая температура (около 8°) наблюдается в Брестской области, а наиболее низкая — в Витебской (5,5°). Самая низкая среднемесячная температура воздуха наблюдается в январе, причем на всей территории Белоруссии она ниже нуля (от —4° на западе до —8° на востоке).

Наиболее высокие среднемесячные температуры бывают в июле (от 18,5° на севере республики до 20° на юге).

Среднегодовое количество осадков составляет 550—650 мм, на возвышенностях их выпадает несколько больше (в отдельных местах Минской области оно достигает 700 мм, рис. 3). В засушливые годы годовое количество осадков падает до 300 мм, а во влажные годы достигает 1000 мм и выше. В среднем за лето в Белоруссии выпадает 40% годовой суммы осадков, зимой в 2,5 раза, а весной и осенью — в два раза меньше, чем летом.

В период с октября по апрель осадки выпадают обычно в виде снега. Устойчивый снежный покров образуется в декабре на северо-востоке республики и затем распространяется на юго-запад. Высота снежного покрова составляет 150—250 мм на западе и 300—400 мм на востоке. Продолжительность сохранения снегового покрова составляет 3—4,5 месяца.

Важным климатическим фактором, влияющим непосредственно на испарение воды и косвенно на величину поверхностного стока, является дефицит влажности, внутригодовое изменение которого аналогично ходу изменения температуры. Наибольших значений он достигает в июле

(4,5—5,0 мм на севере и 5,0—5,5 мм на юге), наименьших — в декабре-январе (около 0,3 мм). Среднегодовое значение дефицита влажности составляет 2,0—2,5 мм. Из года в год оно подвергается незначительным изменениям.

Почвы. Почвенный покров БССР формируется под влиянием трех основных факторов: климата, рельефа и состава материнских пород.

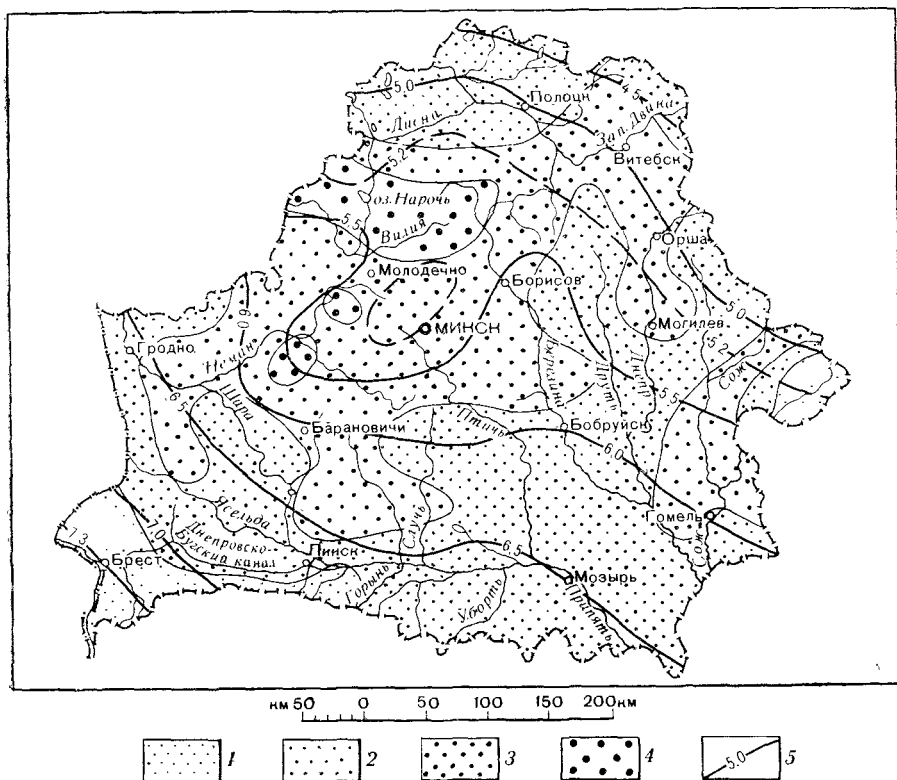


Рис. 3. Карта годовых сумм атмосферных осадков и средних годовых температур

1 — 500—550 мм; 2 — 550—600 мм; 3 — 600—650 мм; 4 — 650—700 мм; 5 — изотермы (температура воздуха на уровне земной поверхности, °C)

В Белоруссии преобладают дерново-подзолистые почвы, покрывающие около 60% площади республики.

По механическому составу и степени оподзоленности дерново-подзолистые почвы неоднородны. До 5% площади занимают глинистые и тяжелосуглинистые разности. Вследствие плохой водопроницаемости они слабо оподзолены и выщелочены на небольшую глубину. Такие почвы распространены в Полоцкой низине и по среднему течению р. Лучесы.

Средне- и легкосуглинистые разности занимают до 22% территории и приурочены большей частью к моренным возвышенностям и лёссовым плато.

Супесчаные дерново-подзолистые почвы распространены в бассейнах рек Друти, Березины, Птичи, на Лидской равнине, а также встречаются на склонах моренных возвышенностей и отдельных моренных гряд.

Песчаные слабоподзолистые почвы сильнопромытые и бедные перегноем занимают 17% территории Белоруссии, приурочены к водно-

ледниковым песчаным районам Полесья и других низин; реже они встречаются на моренных возвышенностях.

Большие площади на Центрально-Березинской равнине и в Полесье занимают заболоченные дерново-подзолистые (полуболотные) почвы. Они являются переходными от дерново-подзолистых к болотным и занимают 12% площади республики.

В особую группу выделяются аллювиально-луговые почвы речных пойм, периодически подвергающихся затоплению.

Растительность. Растительный покров Белоруссии представлен хвойно-широколиственными лесами, луговой и болотной растительностью.

Преобладающими лесными формациями являются сосновые боры и дубово-еловые леса. Основными древесными породами являются сосна, ель, дуб, граб. Сосна занимает около 60% всей лесной площади. Ель и дуб произрастают по всей территории республики, граб распространен на юге БССР.

Из всей площади лесов хвойные занимают около 70%, мелколиственные — около 25% и широколиственные — немногим больше 5%.

В Белоруссии леса занимают 25% территории, луга около 20%, болота вместе с заболоченными лугами более 20%; почти 30% территории занимает культурная растительность.

На верховых болотах обычно произрастают мох-сфагнум, карликовые сосны, багульник; низинные болота покрыты низкорослыми березами и ивами, черной ольхой.

Из травяной растительности преобладают осоки, ситники, вахта, сабельник. В ряде мест встречаются тростник, хвощ и др.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Основные структурно-тектонические элементы докембрийского кристаллического фундамента

Современное представление о стратиграфии, литологии, тектонике и истории геологического развития территории Белоруссии базируется в основном на результатах крупных и детальных исследований, выполненных и опубликованных в последнее время В. С. Акимец (1953—1963), Г. В. Богомоловым (1946—1962), Е. П. Брунс (1955—1957), Б. В. Бондаренко, Л. Н. Вознячуком (1958—1962), В. К. Голубцовым (1954—1961), М. С. Закашанским (1948—1962), Г. И. Кедо (1955—1963), М. Ф. Козловым (1957—1963), К. И. Лукашевым (1956—1961), Е. М. Люткевичем (1957—1962), С. С. Маныкиным (1959—1962), А. С. Махначем (1951—1963), Н. А. Махнач (1957—1959), И. В. Митяниной (1955—1963), А. М. Пап (1959—1962), А. В. Фурсенко (1953—1960), Ж. П. Хотько (1955—1960), М. М. Цапенко (1947—1960).

Указанные исследования явились крупным вкладом в познании геологического строения не только территории Белоруссии, но и всей Русской платформы.

Эти работы, а также результаты произведенных в последнее десятилетие геологосъемочных и поисково-разведочных работ организациями Белглавгеологии и использованы для составления настоящего краткого очерка.

По имеющимся в настоящее время материалам глубокого бурения и геофизических исследований на территории Белоруссии, являющейся западной частью Русской платформы, по докембрийскому кристаллическому фундаменту может быть выделен (рис. 4) ряд сравнительно крупных структурно-тектонических элементов: Белорусский массив и его склоны; южная часть Латвийской седловины; Жлобинская седловина,

соединяющая Белорусский и Воронежский массивы: Полесская (Пинская) седловина, связывающая Белорусский массив с Украинским; Оршанская впадина, являющаяся западной частью Московской впадины; Припятская впадина, представляющая западное продолжение Днепровско-Донецкой впадины; Брестская впадина; крайняя южная часть территории приурочена к Украинскому кристаллическому массиву.

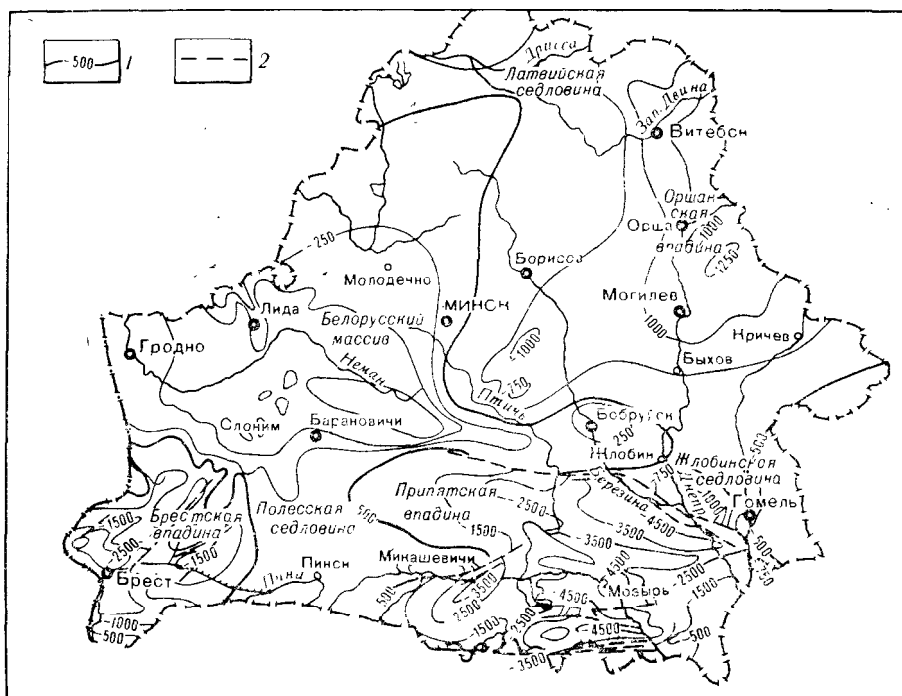


Рис. 4. Карта кристаллического фундамента Белоруссии. Составила М. С. Кичкина

1 — изогипсы рельефа кристаллического фундамента; 2 — линии основных тектонических нарушений

Белорусский массив занимает значительную площадь в средней и западной части республики. Выделяется он условно по изогипсе поверхности кристаллического фундамента — 500 м ниже уровня моря. Склоны массива условно принимаются в интервале изогипс фундамента от —500 до —750 м.

Собственно массив можно оконтурить линией, примерно проходящей через следующие населенные пункты: Шарковщина, Ветрино, Бегомль, восточнее Минска, Осиповичи, Кличев, Рогачев, Глусск, Клецк, Ивацевичи, Свислочь, западнее Гродно. В плане массив имеет вытянутую в широтном направлении изометричную форму.

К западу и северо-западу массив полого погружается в сторону Польско-Литовской впадины. Примерно такой же характер сочленения Белорусского массива с Оршанской впадиной, граничащей с массивом с северо-востока. К югу и юго-востоку погружение кристаллического основания к Припятской впадине — области наиболее глубокого на территории республики залегания фундамента, довольно крутое. В районе Копыля-Слущка оно составляет в среднем 50 м на 1 км. Восточнее на участке Глусск — Паричи — Горваль — Речица — Добрянка прослеживается резкое ступенеобразное падение кристаллического фундамента.

по системе сбросов, ориентированных в широтном и субширотном направлениях, с общей амплитудой 1000—4500 м и более.

По-видимому, несколько другой характер сочленения массива с Брестской впадиной. Оно происходит в общем сравнительно постепенно по системе отдельных отрогов массива глубоко вдающихся во впадину. На отдельных участках сочленение здесь происходит, очевидно, по зонам дизъюнктивных нарушений.

Поверхность фундамента на массиве весьма неровная и значительно расчленена. Глубина залегания его колеблется от —500 до +84 м. Наиболее приподнятая сводовая часть массива приурочена к району Любча, Негорелое, Узда, Гресск, Копыль, севернее Барановичи, Новоельня. Поверхность кристаллического фундамента в этом районе залегает выше уровня моря, а на участке Городея — Бобовня абсолютные отметки его достигают плюс 60—84 м (Моринско-Бобовнянский выступ).

К западу от сводовой части массива поверхность кристаллического основания в общем полого погружается. Однако в пределах погружающейся поверхности имеется ряд локальных возвышенных участков.

Буровыми скважинами в составе кристаллического фундамента Белорусского массива вскрыты комплексы метаморфических и магматических пород, представленные гнейсами, гранитами, гранодиоритами, диоритами, амфиболитами, габбро. Верхняя часть пород часто сильно трещиноватая и выветрелая.

Кристаллический фундамент на массиве повсеместно перекрыт осадочной толщей различной мощности, в составе которой выделяются стратиграфические горизонты палеозоя, мезозоя и кайнозоя.

Южная часть Латвийской седловины, примыкающая к Белорусскому массиву с северо-востока, разделяет Оршанскую и Польско-Литовскую впадины. Гипсометрия поверхности, состав пород и характер сочленения этой части седловины с массивом и впадинами изучены недостаточно. По имеющимся материалам, глубина залегания кристаллического фундамента здесь колеблется в пределах 750—900 м ниже уровня моря. Покрывающая фундамент осадочная толща представлена палеозойскими и кайнозойскими отложениями.

Жлобинская седловина в виде узкого перешейка соединяет Белорусский массив с Воронежским. Кристаллический фундамент здесь залегает на глубине от 200 до 700 м ниже уровня моря.

Фундамент на седловине вскрыт в единичных пунктах, где встречены два основных типа пород — гранодиориты и кварцевые порфиры (Махнач, 1958).

Южным подземным продолжением Белорусского массива является Полесская седловина. Она представляет собой меридиональное поднятие кристаллического фундамента несколько выпуклое в центральной части, разделяющее Припятскую и Брестскую впадины. Абсолютные отметки фундамента на седловине колеблются в пределах минус 250—500 м. Ее склоны к прилегающим впадинам — пологие. На юге седловина постепенно переходит в Вольно-Подольскую плиту (западный погруженный склон Украинского массива).

К седловине с востока примыкает Синкевичско-Житковичский выступ фундамента, представляющий собой горст субширотного простирания, прослеживающийся на расстояние 43—45 км. На севере выступ полого погружается под толщу осадочного чехла, а на юге ограничен ступенчатым сбросом большой амплитуды. Абсолютные отметки поверхности кристаллических пород на выступе колеблются от 90—120 м в центральной части горста до 20—60 м выше уровня моря в краевых его частях.

Фундамент на седловине представлен биотит-плагиоклазовыми гнейсами, гранитами, роговообманковыми гранодиоритами, диоритами, габбро. На фундаменте залегает толща древнейших песчаников белорусской серии, мощностью в районе Пинска около 380 м, перекрытая меловыми и неогеновыми отложениями небольшой мощности. На выступе фундамент непосредственно перекрыт четвертичными отложениями.

Расположенная на северо-востоке Белоруссии Оршанская впадина является западным окончанием Московской синеклизы. Ось впадины имеет субмеридиональное простираие. В этом же направлении погружается поверхность кристаллического фундамента от отметки —750 м на склонах до —1250 м и глубже в опущенной части в районе Лиозно, Осинторфа, Суража. Внутри впадины отмечаются локальные погружения в районе Горок, восточнее Орши, где абсолютные отметки фундамента достигают 1400 м и более ниже уровня моря, а также отдельные выступы. На фундаменте здесь залегает мощная толща в 500—600 м песчаников белорусской серии, а также отложения кембрийской, девонской и четвертичной систем.

В пределах Припятской впадины кристаллический фундамент залегает на значительной глубине. Впадина ограничена зонами крупных тектонических разломов с севера от Белорусского массива и с юга от Украинского массива. Поверхность фундамента неравномерно погружается от отметок 1500—2000 м в западной части до 4000—5000 м ниже уровня моря в Шатилковской и Ельской депрессиях центральной части. Восточнее, в районе Брагинско-Лоевского поднятия, фундамент залегает на глубине 1100—1200 м ниже уровня моря.

Осадочный покров в Припятской впадине весьма мощный. Отложения белорусской серии верхнего протерозоя и нижнего кембрия известны лишь в западной части впадины. Широко распространены девонские отложения, особенно верхнедевонские, с которыми связаны мощные толщи солей. Значительной мощности во впадине достигают отложения карбона, перми, триаса, юры и мела. Кайнозойские образования распространены широко, но имеют сравнительно небольшую мощность.

В осадочной толще Припятской впадины установлено значительное число структур, осложненных соляной тектоникой. Повсеместно развитая соленосная толща часто образует куполовидные структуры с крутыми падениями на крыльях.

На отдельных структурах сводам соли соответствуют выступы фундамента, другие купола расположены на участках глубокого залегания фундамента. На некоторых структурах сводам соли соответствуют поднятия мезозойских отложений. Часто поднятия мезозойских отложений сильно смещены по отношению к сводам соленосной толщи.

Юго-западная часть территории республики приурочена к Брестской впадине, ограниченной с севера Белорусским массивом, а с востока Полесской седловиной. На западе она непосредственно переходит в Польско-Литовскую впадину. Кристаллический фундамент погружается с востока на запад от отметок 750 до 2500 м и более ниже уровня моря. По геофизическим данным, в пределах впадины имеется ряд замкнутых погруженных участков в районе Порозово, Высокое, Антополя и Малориты.

Осадочный покров впадины представлен отложениями кембрия, ордовика, силура, перми. На различных горизонтах палеозоя здесь непосредственно залегают триасовые, юрские и верхнемеловые отложения, перекрытые кайнозойскими образованиями.

Ограниченную часть территории на юго-востоке Белоруссии занимает Украинский кристаллический массив. Здесь кристаллический фундамент выходит непосредственно на дневную поверхность или прикрыт тонким чехлом в 7—10 м четвертичных образований. В районе Глушковичей и других местах среди пород фундамента встречаются в основном граниты, редко кварцевые диориты и эпидот-амфиболовые гнейсы.

Условия залегания, стратиграфия и литология пород осадочного чехла

На выветрелых породах кристаллического фундамента несогласно залегают различные горизонты осадочной толщи — от верхнего протерозоя до отложений четвертичной системы (рис. 5) *.

Наиболее древними осадочными отложениями на территории республики являются отложения, известные под названием белорусской серии (Махнач, 1955), относимые нами к верхнему протерозою ($Pt_2\ bI$). Они широко распространены на территории Белоруссии и отсутствуют только в юго-восточных и северо-западных районах. Перекрываются эти отложения осадками волыно-валдайской серии нижнего кембрия ($Ст_1vI + vd$) и более молодыми отложениями. По литологическим особенностям в составе белорусской серии выделены две свиты — оршанская и пинская.

Оршанская свита распространена в центральной и северо-восточной частях республики и сложена в основном красноцветными мелко- и среднезернистыми кварцевыми песчаниками от слабосцементированных до крепких, с прослоями алевролитов и глин. Мощность ее изменяется от 75—120 м в Минске до 500—600 м в районе Орши и Могилева.

Отложения пинской свиты распространены в юго-восточной части Белорусского массива, на Жлобинской и Полесской седловинах. Представлены они пестроцветными мелкозернистыми, слабосцементированными, кварцево-полевошпатовыми песчаниками, с частыми прослоями глин и алевролитов, общей мощностью 300—400 м.

Кембрийская система на территории Белоруссии представлена нижним ($Ст_1$) и средним ($Ст_2$) отделами. В составе нижнего кембрия выделяются волыно-валдайская ($Ст_1vI + vd$) и балтийская серия ($Ст_1b$), а средний кембрий представлен ижорским (фукоидным) горизонтом ($Ст_2i$).

Отложения волыно-валдайской серии имеют значительную мощность и широкое распространение. Они отсутствуют лишь на западных склонах Белорусского массива и Бобовнянском выступе фундамента, а также на юго-востоке Припятской впадины. Мощность этих отложений возрастает от 100 м и менее в центральной части Белорусского массива до 300—350 м и больше в Оршанской впадине, а в Брестской впадине от 50 м в северо-восточной части до 250 м и более в юго-западной ее части.

Волыно-валдайская серия центральной и южной частей республики сложена (снизу вверх): пачкой разномзернистых кварцево-полевошпатовых песчаников, с прослоями конгломератов мощностью от 20 до 110 м; эффузивной толщей, представленной пестроцветными вулканическими туфами и туффитами с прослоями разномзернистых туфоген-

* Геологическая индексация пород всех стратиграфических горизонтов приведена в соответствии с легендой для государственных геологических карт масштаба 1:200 000 Белорусской серии листов, утвержденной в 1962 г. Научно-редакционным советом ВСЕГЕИ.

ных песчаников и базальтами, мощностью свыше 100 м; надэффузивной толщей, представленной туфогенно-осадочными образованиями (кварцево-полевошпатовые песчаники, с прослоями алевролитов, глин, туфов, туффитов и конгломератов), мощностью от 15 до 60 м и нормальноосадочными отложениями (пестроцветные песчаники, конгломераты, гравелиты, глины) мощностью 50—150 м; ламинаритовыми серыми глинами с прослоями алевролитов и песчаников мощностью до 90 м.

В северной части территории отложения волыно-валдайской серии полностью сложены осадочными породами. В их составе выделяются гдовские слои ($Ст_1vd_1$), распространенные повсеместно и сложенные пестроцветными, слабосцементированными кварцево-полевошпатовыми песчаниками с прослоями глин, алевролитов, гравелитов, мощностью до 200 м и более, и ламинаритовые слои ($Ст_1vd_2$), представленные глинами, алевролитами с прослоями песчаников, мощностью от нескольких десятков метров до 270 м (Махнач, 1958).

Отложения балтийской серии распространены лишь на ограниченных площадях в северо-западной и юго-западной частях Белоруссии. Мощность их колеблется в пределах от 50 до 150 м. В составе отложений балтийской серии выделяются надламинаритовый горизонт ($Ст_1b_1$) и горизонт «синих глин» ($Ст_1b_2$). Надламинаритовый горизонт мощностью от нескольких метров до 36 м представлен песчаниками серыми, кварцево-полевошпатовыми разнозернистыми, с прослоями глин и алевролитов. «Синие глины», мощность которых колеблется от 20 до 130 м, сложены зеленовато-серыми и пестроцветными глинами, с частыми прослоями алевролитов и песчаников.

Среднекембрийские отложения развиты лишь на небольших площадях в северо-западной и юго-западной частях республики. Представлены они светло-серыми и белыми, мелкозернистыми, тонкослоистыми, кварцевыми песчаниками и алевролитами с гнездами каолиновой глины. Мощность их составляет 3—8 м на северо-западе (Дрисса, Видзы) и свыше 80 м на юго-западе (Кобрин). По стратиграфическому положению и литологическим особенностям вскрытые на территории Белоруссии среднекембрийские отложения сопоставляются с отложениями ижорского (фукоидного) горизонта Ленинградской области и Прибалтики.

Со стратиграфическим несогласием на среднем кембрии и в отдельных районах на балтийской серии нижнего кембрия залегают отложения ордовика (О). Достоверно установлено распространение ордовикских отложений на ограниченной площади в северо-западной части республики. Развитие их допускается также в юго-западной части Брестской впадины. Перекрываются ордовикские отложения силуром (S) или средним девоном (D_2), а в некоторых районах непосредственно четвертичными отложениями. В составе ордовика северо-западной части фаунистически доказано присутствие нижнего (O_1), среднего (O_2) и верхнего (O_3) его отделов.

Отложения ордовика в пределах площади их распространения представлены известняками серыми и зелеными, глауконитовыми, с прослоями пестроцветных глин, доломитов и мергелей, мергелями темно-серыми, крепкими, слоистыми, глинистыми известняками, доломитовыми известняками, доломитами. Мощность ордовикских отложений, по данным пробуренных скважин, изменяется от 18 (Дрисса) до 115 м (Видзы).

Еще меньшие площади на территории Белоруссии занимают силурийские отложения, развитые в самой крайней северо-западной части и на юго-западе Брестской впадины. В составе силура по фауне в Брестской впадине выделены отложения лландоверского (S_1ln), вен-

локского ярусов (S_1w) нижнего отдела и лудловского яруса (S_2ld) верхнего отдела, а на северо-западе — только лландоверского яруса. Залегают силурийские отложения на верхнем ордовике, покрываются они в северо-западной части среднедевонскими, а иногда непосредственно четвертичными отложениями, а на юго-западе юрскими и в некоторых районах — пермскими отложениями.

Полная мощность силурийских отложений в юго-западной части республики (где они наиболее полно представлены) не установлена, вскрытая мощность здесь составляет 62 м; на северо-западе мощность силура изменяется от 6 (Браслав) до 24 м (Видзы). Представлены они в основном доломитами, доломитовыми известняками, известняками, мергелями.

Девонские отложения повсеместно распространены в восточной части Белоруссии (рис. 6). В северо-восточной части республики они покрываются непосредственно четвертичными отложениями и в долинах рек Сарьянки, Зап. Двины, Днепра, Оршицы имеются естественные обнажения девона. В Припятской впадине девонские отложения покрываются различными горизонтами верхнего палеозоя и мезозоя.

Представлены девонские отложения в Белоруссии живетским ярусом среднего отдела (D_2gv), франским (D_3fr) и фаменским ярусами (D_3fm) верхнего отдела.

В центральных районах развиты отложения только нижних горизонтов живетского яруса [пянского (D_2pr) и наровского (D_2nr)], в северных и восточных также тартуского (лужского) горизонта (D_2t) и франского яруса (D_3fr). В области Припятской впадины отложения живетского, франского и фаменского ярусов представлены наиболее полно.

Суммарная мощность девонских отложений весьма различна в разных частях республики. На Белорусском массиве она составляет 50—100 м, в Оршанской впадине возрастает до 200—400 м, а в Припятской впадине мощность только верхнего девона достигает 2000—4000 м.

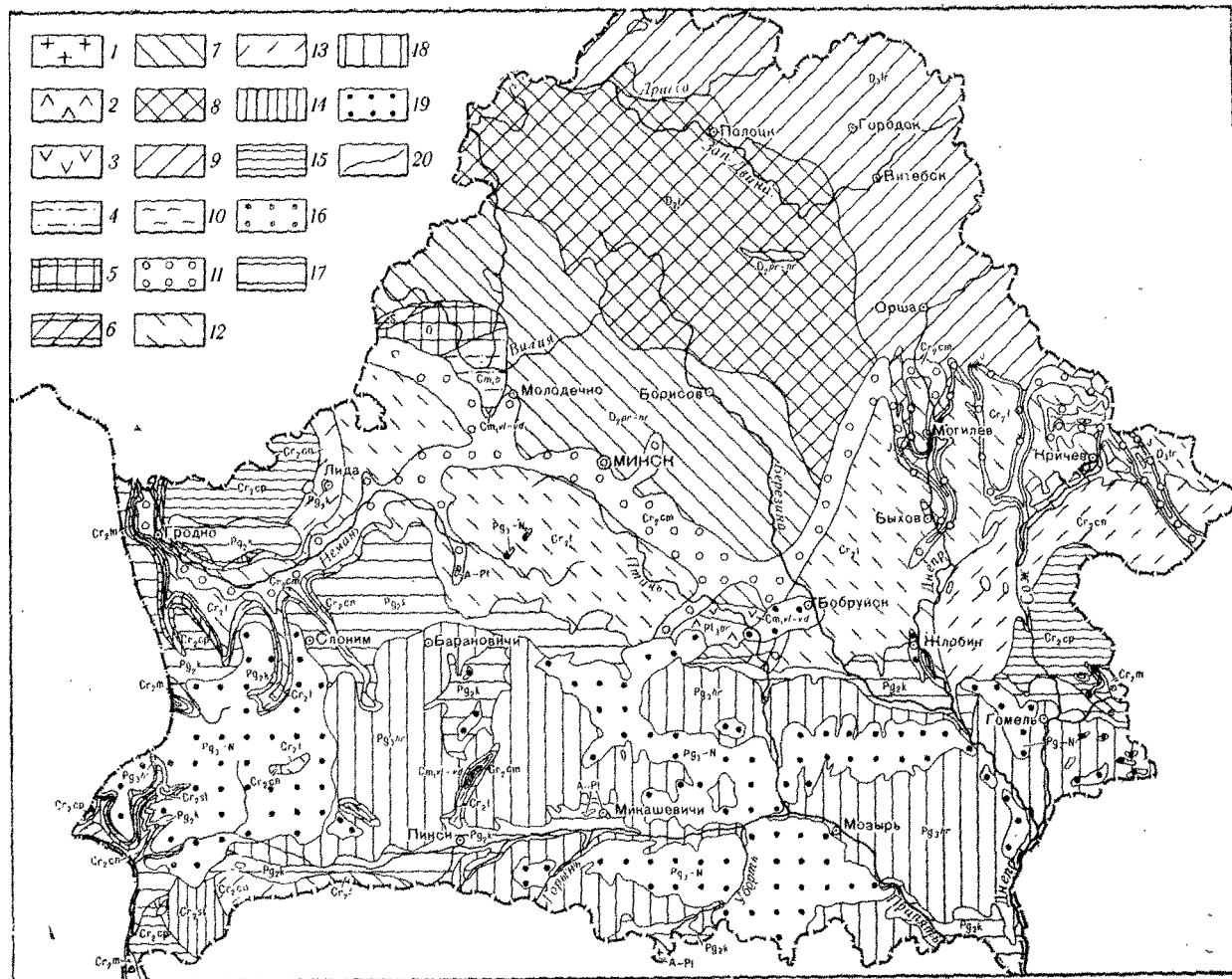
Наибольшее распространение по площади имеют отложения живетского яруса. Подстилаются они отложениями волыно-валдайской и балтийской серий кембрия, а на северо-западе — ордовиком и силуром. Живетский ярус сложен в основании пачкой песчаных пород мощностью от 3 до 25 м (пянский горизонт), выше которой залегает гипсово-доломитовая толща (наровский горизонт), сложенная доломитами с прослоями доломитовых мергелей, гипсово-ангидритовых пород, песчаников и глин мощностью от 30 до 180 м. Верхняя часть разреза живетского яруса представлена терригенной толщей (тартуский горизонт), сложенной слабосцементированными песчаниками, песками, алевролитами с частыми прослоями песчанистых глин. Мощность тартуских отложений в северо-восточной части увеличивается с запада на восток от 20—50 до 150 м и более; примерно такие же мощности в Припятской впадине.

Отложения франского яруса верхнего девона распространены на значительно меньшей площади, чем живетские. Выделяются они в северо-восточной и юго-восточной частях республики.

В составе нижней части франского яруса выделяется: терригенная толща, представленная мелкозернистыми песчаниками и песками, алевролитами, с прослоями глин и доломитовых мергелей мощностью от 20—40 до 100—150 м (нижнешигровский горизонт ($D_3\check{s}_1$)); толща доломитов и доломитизированных известняков с тонкими прослойками ангидрита и гипса мощностью в среднем 30 м (верхнешигровский горизонт ($D_3s\check{s}_2$)); пачка светло-серых и белых, крепких, мелкокристалли-

Рис. 6. Геологическая карта дочетвертичных отложений. Составили К. Е. Дунаева, М. С. Кичкина, А. И. Сверхинский

1 — архей — протерозой (гнейсы, амфиболиты, граниты, диориты, габбро); 2 — верхний протерозой-белорусская серия (песчаники, глины, алевролиты. Нижний кембрий); 3 — волино-валдайская серия (песчаники, гравелиты, глины, алевролиты, туфы, туффиты, базальты, песчаники, глины песчаные с гравием и галькой); 4 — балтийская серия (песчаники, алевролиты, глины); 5 — ордовикская система (мергели, доломиты, глины); 6 — силурійская система (мергели, доломиты). Средний девон: 7 — яриуско-наровский горизонт (мергели, глины, доломиты, пески, песчаники); 8 — тартуский горизонт (пески, песчаники, алевролиты, алевроиты); 9 — верхний девон; франкий ярус (глины, мергели, доломиты, известняки, песчаники, алевролиты, пески); 10 — юра (глины, мергели, пески). Верхний мел: 11 — сеноманский ярус (пески зеленовато-серые кварцево-глауконитовые); 12 — туронский ярус (мел и мелоподобный мергель); 13 — коньякский ярус (мел белый и серовато-белый); 14 — сантонский ярус (мел белый и мергель серый); 15 — кампанский ярус (мел белый, псчий); 16 — маастрихтский ярус; 17 — верхний эоцен; киевские слои (пески и алевроиты серовато-зеленые кварцево-глауконитовые, алевролиты глинистые, карбонатные); 18 — нижний олигоцен; харьковские слои (пески и алевроиты зеленовато-серые кварцево-глауконитовые); 19 — олигоцен-плиоцен подтавская серия (пески серые кварцевые, глины пестроцветные и серые); 20 — границы распространения отдельных стратиграфических горизонтов



ческих известняков средней мощностью 25—30 м [семилукский (D_{3sm}) и петинский горизонты (D_{3pt})].

Верхнефранские отложения в Припятской впадине представлены в нижней части глинистыми известняками, мергелями и глинами с фауной мощностью от 20 до 240 м [воронежский (D_{3vr}) и евлановский горизонты (D_{3ev})] и в верхней преимущественно каменной солью с прослоями ангидритов и глин [евлановский и ливенский (D_{3lv}) горизонты] мощностью от 20 до 1000 м и более (Голубцов, 1961).

Отложения фаменского яруса верхнего девона известны только в Припятской впадине. В их составе выделяются задонско-елецкие (D_{3zd-el}) и данково-лебединские (D_{3dn-lb}) слои. По литологическим особенностям в северо-западной части впадины фаменские отложения подразделяются на карбонатно-сульфатный подсолевой комплекс, соленосную и надсолевую толщи, а в юго-восточной части межсолевую, верхнюю соленосную и надсолевую толщи.

Подсолевые отложения северо-западной части впадины сложены серыми крепкими мелкокристаллическими известняками мощностью до 130 м, доломитами и доломитовыми известняками, с прослоями ангидрита, мергелей и каменной соли, мощностью 100—200 м. Межсолевые (задонско-елецкие) отложения восточной части Припятской впадины, мощность которых в отдельных районах превышает 500 м, сложены серыми плотными тонкослоистыми известняками, с прослоями глин и доломитов. Соленосная толща фаменского возраста (елецкие и данково-лебединские слои) в Припятской впадине представлена частым чередованием прослоев каменной соли и глины, реже мергелей, известняков, доломитов и песчаников. Преобладают в разрезе прослой солей. В северо-западной части Припятской впадины (район Старобина) в соленосной толще выявлены мощные горизонты калийных солей. Мощность верхней соленосной толщи составляет в северо-западной части 250—560 м, в юго-восточной 150—1900 м. Надсолевая глинисто-мергелистая толща представлена чередованием прослоев глин, мергелей, доломитов, ангидритов, гипсов и песчаников. Общая мощность ее достигает 830 м.

Каменноугольные отложения развиты только в юго-восточной части Припятской впадины, где они изучены по большому количеству скважин. Залегают они чаще всего на верхнедевонских отложениях и перекрываются пермскими и мезо-кайнозойскими осадками.

Представлены отложения карбона в основном пестроцветными глинами, мергелями с прослоями известняков, песчаников, алевролитов и бурых углей. Мощность каменноугольных отложений изменяется в широких пределах — от 20—100 м на сводовых частях соляных структур до 300—1000 м в погруженных межструктурных участках.

В составе каменноугольных отложений Припятской впадины по фауне и спорово-пыльцевым комплексам выделены турнейский (C_{1t}), визейский (C_{1v}) и намюрский (C_{1n}) ярусы нижнего отдела, башкирский (C_{2b}) и московский (C_{2m}) ярусы среднего отдела (Голубцов, 1959, 1961).

Пермские отложения в Припятской впадине имеют по сравнению с карбоновыми более ограниченное распространение. Известны они также в западной части Брестской впадины. В пределах Припятской впадины общая мощность пермских отложений достигает более 500 м (в центральной части). Представлены они здесь сакмарским (P_{1s}), артинским (P_{1a}) ярусами нижнего отдела и татарским ярусом верхнего отдела (P_{2t}). В Брестской впадине развиты только отложения казанского яруса верхнего отдела (P_{2kz}), мощность их составляет всего 18 м (Голубцов, 1961).

В Припятской впадине пермские отложения сложены пестроцветными глинами с прослоями песчаников, алевролитов, кварцевыми песчаниками, песками, а в Брестской впадине — доломитами и доломитовыми известняками.

Триасовые отложения на территории Белоруссии развиты на ограниченных площадях в восточной части Припятской впадины и западной части Брестской впадины. Представлены они пестроцветными глинами, песчаниками и песками, переслаивающимися между собой. В Припятской впадине мощность триасовых отложений достигает 300—450 м, в Брестской — не превышает 40 м.

Юрские отложения распространены в юго-восточной и юго-западной частях Белоруссии. Представлены они средним и верхним отделами. В составе юрских отложений Белоруссии на основании фауны фораминифер, споровых комплексов и литологического характера пород выделены байосский (J_2bj) и батский ярусы (J_2bt) средней юры, келловейский (J_3cl) и оксфордский (J_3ox) ярусы верхней юры (Митянина, 1959, 1963).

Отложения средней юры представлены песками с галькой, серыми и черными углистыми глинами и песками с растительными остатками, алевролитами, тонкослонстыми глинами и алевролитами. Мощность их составляет 27—34 м в Брестской впадине и 9—45 м в Припятской впадине.

Верхнеюрские отложения сложены серыми и черными глинами, алевролитами, известковистыми глинами, мергелями, окремнелыми известняками с прослоями песчаников и мергелей. Их мощность колеблется в западной части территории от 7—11 до 90 м и на юго-востоке от 3—8 до 117 м.

Отложения мелового возраста имеют почти повсеместное распространение на большей южной части Белоруссии. Северная граница современного распространения меловых отложений проходит южнее Молодечно, севернее Минска и Осиповичей, восточнее Березино и южнее Кохоново. Они отсутствуют также на небольших площадях Бобовнянского и Микашевичско-Житковичского выступов фундамента и на участке Осиповичи — Дараганово — Старые Дороги.

Меловые отложения в пределах Белоруссии трансгрессивно залегают на кембрийских, девонских, юрских отложениях и в отдельных случаях на породах фундамента.

В северной части своего развития они покрываются четвертичными, в южной — палеогеновыми и неогеновыми отложениями. На дневную поверхность меловые отложения выходят лишь на небольших участках в восточной части территории.

В составе меловой системы на территории республики выделяются нижний (C_{g1}) и верхний (C_{g2}) отделы.

Отложения нижнего мела, относимые к неоком — апту ($C_{g1nc-ap}$) распространены в юго-восточной части территории. Представлены они песчано-глинистыми отложениями мощностью до 70 м и более (Акимец, 1961). В составе верхнемеловых отложений фаунистически доказано наличие сеноманского (C_{g2sm}), туронского (C_{g2t}), коньякского (C_{g2cp}), сантонского (C_{g2st}), кампанского (C_{g2cp}) и маастрихтского (C_{g2m}) ярусов (Акимец, 1959). Отложения всех перечисленных ярусов встречены лишь в восточной части Припятской впадины и западной части Белорусского массива (р-н Гродно). На всей остальной площади разрез верхнего мела неполный. Представлены отложения верхнего мела в основании кварцево-глауконитовыми песками, а в верхней большей своей части — мергельно-меловыми породами. Мощность и площади распространения отдельных ярусов различны. Обычно чем мо-

ложе ярус, тем меньше площадь его распространения. Наибольшие мощности наблюдаются на юго-востоке, юго-западе и западе территории. Общая мощность верхнемеловых отложений колеблется от 4 км в северной части (Смиловичи) до 263 м в юго-восточной (вблизи Гомеля).

Палеогеновые (Pg), а также палеоген-неогеновые ($Pg + N$) отложения широко распространены в южной части Белоруссии. На основании анализа спорово-пыльцевых комплексов, отчасти фауны фораминифер и литологических особенностей в их составе выделены бучакские (средний эоцен, Pg_2b), киевские (верхний эоцен, Pg_2k), харьковские (нижний олигоцен, Pg_{1hr}) слои и полтавская серия (верхний олигоцен-плиоцен, $Pg + Npl$) (Манькин, 1959, 1962).

Бучакские отложения развиты на небольших изолированных площадях в понижениях допалеогенового рельефа в юго-восточной части территории. Сложены они зеленовато-серыми разнозернистыми кварцевыми песками с примесью глауконита, с тонкими прослоями песчаника.

Киевские отложения пользуются среди палеогеновых отложений наиболее широким распространением. Представлены они кварцево-глауконитовыми мелкозернистыми песками, алевролитами, местами глинами, мергелями. Харьковские слои, развитые на юге Белоруссии, повсеместно представлены мелкозернистыми, глинистыми, кварцево-глауконитовыми песками.

Отложения полтавской серии, представленные континентальными образованиями, распространены в южной части территории на отдельных изолированных и сравнительно небольших площадях. Сложены они среднезернистыми кварцевыми песками с растительными остатками и глинами.

Суммарная мощность бучакских, киевских и харьковских отложений изменяется в широких пределах — от 4—8 до 140 м. Мощность полтавской серии колеблется от 2—6 до 65 м.

Отложения четвертичной системы в геологическом строении территории Белоруссии играют большую роль. Пользуясь повсеместным распространением, они сплошным чехлом перекрывают отложения других систем. Мощность их, равная в среднем 80 м, колеблется в довольно широких пределах — от нескольких метров до 300 м, составляя на приподнятых участках Белорусского массива не менее трети или даже половины суммарной мощности осадочного покрова.

Наименьшую мощность (20—50 м, местами 5—10 м) четвертичные отложения имеют в восточной (к востоку от Друти и Днепра) и крайней северной частях Белоруссии, а также в Полесье, где поверхность коренных пород расположена на высотах 80—160 м над уровнем моря. В центральных, западных и северо-западных районах республики, приуроченных к обширной дочетвертичной депрессии с абс. отметками менее 50—80 м, мощность четвертичной толщи превышает 80—100 м. В погребенных позднеплиоценовых — раннечетвертичных долинах, которые врезаны в коренные породы до абс. отметок минус 100—130 м, и на ряде возвышенностей Белорусской гряды (Минской, Ошмянской, Новогрудской и др.) она достигает 200—300 м.

Четвертичные отложения Белоруссии отличаются исключительной сложностью строения, пестротой и разнообразием литологического и фациального состава вследствие резкой и частой смены условий их образования во времени и пространстве. Сложены они, главным образом, ледниковыми, водноледниковыми и речными осадками (моренными суглинками и супесями, флювиогляциальными и аллювиальными песками, лимногляциальными алевролитами, суглинками и глинами). Меньшее значение среди генетических типов четвертичных отложений имеют золо-

вые, пролювиальные, озерные и болотные образования. Элювиальные, делювиальные и солифлюкционные осадки играют подчиненную роль.

Строение толщи четвертичных отложений имеет ярко выраженный ритмичный характер. В разрезе ее наблюдается чередование моренных суглинков с водноледниковыми и аллювиальными песками и межледниковыми, а также межстадиальными озерно-болотными образованиями (гиттиями и торфами).

Наиболее сложно толща четвертичных отложений построена в центральных, западных и северо-западных районах Белоруссии (в особенности на возвышенностях), где она имеет максимальную мощность. В этих районах обыкновенно прослеживаются три-четыре морены и соответственно два-три горизонта межморенных песков. На остальной части территории республики мощность четвертичных отложений невелика, и здесь, как правило, распространены два (местами три) моренных и один (или два) межморенный горизонт. На междуречьях, в первую очередь на ледниково-аккумулятивных возвышенностях, моренные суглинки часто замещаются по простиранию пятнами и полосами зандровых, каменных и конечноморенных песков и песчано-гравийных отложений, представляющими собой «окна» в морене, которые служат путями быстрой инфильтрации атмосферных осадков. В долинах рек, в особенности Припяти, моренные горизонты почти повсеместно раз-

Таблица 1

Сопоставление стратиграфических схем четвертичных отложений Белоруссии и соседних территорий

Белорусская серия листов		Московская, Брянская Воронежская серия листов	Прибалтийская серия листов	Альпийская схема	
Ледниковые, межледни- ковые отложения		Ледниковые, межледниковые отложения	Ледниковые, межстадиальные, межледниковые отложения	Ледниковые, межледниковые отложения	
Четвертичная система	Современные		Современные	Голоценовые	Голоценовые
	Верхнечет- вертичные отложения	Валдайские	Валдайские	Верхнеяму́нские Среднеяму́нские Нижнеяму́нские	Вюрмские
		Муравинские	Микулинские	Муравинские	Рисс-вюрмские
	Среднечетвертич- ные отложения	Московские	Московские	Верхнеднепров- ские	Рисские
		Одинцовские	Одинцовские	Среднеднепров- ские	
		Днепровские	Днепровские	Нижнеднепров- ские	
		Лихвинские	Лихвинские	Старотинские	Миндель-рисские
	Нижнечетвертич- ные отложения	Березинские	Окские	Верхнеберезин- ские Среднеберезин- ские Нижнеберезин- ские	Миндельские
		Предледниковые		Вильнюсские	Гюнц-миндель- ские Гюнцские

мыты. В таких местах четвертичная толща целиком сложена водноледниковыми и аллювиальными осадками, которые образуют единый комплекс.

По имеющимся в настоящее время данным, на территории Белоруссии развиты березинские, днепровские, московские и валдайские ледниковые, лихвинские, одинцовские и муравинские межледниковые, а также голоценовые (современные) образования. Сопоставление сводных легенд геологических карт четвертичных отложений Белоруссии, Центральных районов и территории Украины приведено в табл. 1.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

В соответствии с имеющимися данными о геологическом строении, стратиграфии и литологии пород на территории БССР выделены следующие водоносные горизонты и комплексы, нашедшие отражение на прилагаемых к настоящему тому гидрогеологических картах (Г. В. Богомоллов, Н. М. Грипинский, М. Ф. Козлов, Г. Г. Мальяр, А. И. Свержинский) *.

1. Водоносный горизонт современных аллювиально-озерно-болотных отложений (al, l, hQ_{IV}).
2. Водоносный горизонт древнеаллювиальных отложений (alQ_{III^v}).
3. Водоносный горизонт надвалдайских флювиогляциальных отложений ($fgl_s Q_{III^v}$).
4. Водоносный горизонт валдайских конечноморенных отложений ($glt Q_{III^v}$).
5. Воды спорадического распространения в относительно водоупорных валдайских моренных отложениях ($gl Q_{III^v}$).
6. Водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений ($fgl Q_{III+IV} + m$).
7. Водоносный горизонт надмосковских флювиогляциальных отложений ($fgl_s Q_{II^m}$).
8. Водоносный горизонт московских конечноморенных отложений ($glt Q_{II^m}$).
9. Воды спорадического распространения в относительно водоупорных московских моренных отложениях ($gl Q_{II^m}$).
10. Водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений ($fgl Q_{II^m} + dn$).
11. Водоносный горизонт надднепровских флювиогляциальных отложений ($fgl_s Q_{II^dn}$).
12. Водоносный горизонт днепровских конечноморенных отложений ($glt Q_{II^dn}$).
13. Воды спорадического распространения в относительно водоупорных днепровских моренных отложениях ($gl Q_{II^dn}$).
14. Водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений ($fgl Q_{II+IV^dn} + br$).
15. Воды спорадического распространения в относительно водоупорных березинских моренных отложениях ($gl Q_{I^br}$).
16. Водоносный горизонт подберезинских флювиогляциальных отложений ($fgl_i Q_{I^br}$).
17. Неогеново-палеогеновый водоносный комплекс ($N + Pg$).
18. Сенон-туронский водоносный горизонт ($Cr_{2sp} + t$).
19. Сенонманский водоносный горизонт (Cr_{2cm}).
20. Нижнемеловой водоносный горизонт (Cr_1).

* В этой главе дан только перечень водоносных горизонтов и водоупорных отложений, описание которых приводится в следующих главах.

21. Верхне- и среднеюрский водоносный комплекс (J_{3+2}).
22. Триасовый водоносный комплекс (Т).
23. Пермский водоносный комплекс (Р).
24. Средне- и нижнекаменноугольный водоносный комплекс (C_{2+1}).
25. Фаменский водоносный комплекс (D_3fm).
26. Франский водоносный комплекс (D_3fr).
27. Швентойско-тартуский водоносный комплекс ($D_{3+2}šv + t$).
28. Наровско-пярнуский водоносный комплекс ($D_2nr + pr$).
29. Силурийско-ордовикский водоносный комплекс ($S + O$).
30. Среднекембрийский водоносный горизонт ($См_2$).
31. Надляминаритовый водоносный горизонт ($См_1b_1$).
32. Гдовский водоносный комплекс ($См_1vd_1$).
33. Верхнепротерозойский водоносный комплекс (Pt_2bl).
34. Протерозойско-архейский водоносный комплекс ($Pt_1 + A$).

В толще осадочных отложений выделяются следующие выдержанные по простиранию водоупоры, разделяющие водоносные горизонты и комплексы:

1. Водоупорные верхне- и среднеюрские отложения (глины).
2. Водоупорные отложения балтийской серии нижнего кембрия («синие глины») ($См_1b_2$).
3. Водоупорные отложения волыно-валдайской серии нижнего кембрия (ляминаритовые глины) ($См_1vd_2$).

Гидрогеологические факторы

Принято считать, что вся имеющаяся в природе влага (в атмосфере, на поверхности земли, под землей) составляет всемирную систему круговорота воды.

Зональные закономерности круговорота воды устанавливаются по гидравлическим взаимосвязям вод наземной и подземной гидросфер, приводящих в итоге к географической зональности химического состава природных вод зоны интенсивного водообмена. Первые сведения о круговороте воды в речных бассейнах Белоруссии, о направлениях этого процесса в зависимости от геолого-литологических и геоморфологических особенностей областей питания и стока, от степени заболоченности бассейнов, от многолетних периодических колебаний атмосферного увлажнения и т. д. были высказаны еще в начале этого века (Е. В. Оппоков и др.).

Последующие более подробные исследования, подытоженные в настоящем томе, позволяют считать, что на территории Белоруссии преобладают условия, когда зона интенсивного водообмена состоит из тех водоносных горизонтов, воды которых гидравлически связаны между собой и с поверхностными водотоками. Поэтому изображаемые на картах гидроизогипсы и гидроизопьезы подземных вод отражают основные геоморфологические и геоструктурные особенности водораздельных площадей и гидрографической сети.

Территория распространения единой гидравлической системы подземных вод подразделяется по характеру одинаковых напоров на гидрогеологические области, движение подземных вод между которыми подчинено господствующему положению областей питания. Происходит это потому, что высокое гипсометрическое положение уровней четвертичных вод на площади питания обеспечивает высокие отметки пьезометров в нижележащих водоносных горизонтах ($N + Pg$, Cg_2 , J_{3+2} , D_{3+2} , $См_1$).

На Белорусском массиве и прилегающих к нему седловинах, на которых расположены основные области питания, гидравлически взаимосвязаны воды всех водоносных горизонтов и комплексов. В то же время на площади впадин (Припятская, Брестская, Оршанская) в водоносных комплексах, залегающих ниже дренирующего воздействия гидрографической сети, гидравлические связи ослаблены, круговорот воды постепенно затухает и почти прекращается в зоне высокоминерализованных вод и рассолов. Питание этих водоносных комплексов (мезозойских и палеозойских) происходит на бортовых участках впадин, а изменение условий оттока тесно связано с погружением толщ. Поэтому на участках глубокого погружения дренаж носит пассивный характер, обводненность пород, особенно под соленосной толщей (Припятская впадина), резко снижается и нарушается единство напорной системы подземных вод.

На территории Белоруссии существуют неоднородные условия дренирования реками, заключающиеся прежде всего в литолого-фациальном разнообразии отложений верхних водоносных комплексов и водопоров, а также в распределении подземных потоков, связанных с историей гидрографической сети.

Сеть флювиогляциальных и аллювиальных погребенных потоков совпадает в основных чертах с современной речной сетью или выходит к ней устьями палеодолин стока и иных образований. На основе сравнения уклонов в аллювиальных и флювиогляциальных потоках и по сопоставлению глубин эрозионных врезов установлено, что эти потоки независимо от их формы и величины транспортируют подземные воды от водораздельных участков к главным дренам бассейнов.

Так как четвертичные (межморенные) и дочетвертичные водоносные отложения (Q , $N + Pg$, $C_{г2}$, J_{3+2} , D_{3+2} , C_{m1}) вскрываются речными руслами лишь на небольших участках и не во всех долинах, то дренаж более глубоких водоносных горизонтов и вовлечение подземных вод в интенсивный водообмен происходит под воздействием гидравлических градиентов через относительные водоупоры путем разгрузки их в аллювиальные образования на небольших расстояниях от русел рек. В реки выходят в основном рассредоточенные подземные воды, теряющие под руслами рек напорные свойства.

На повышенный дренаж руслами рек водоносных карбонатных толщ определенное влияние оказывает интенсивное развитие карста в известняково-доломитовых и мергельно-меловых толщах вблизи речных долин (Зап. Двина, Днепр, Сож).

Гидравлические градиенты, формирующиеся в водоносных горизонтах зоны дренирования, являются функцией превышения уровней подземных вод над уровнем рек. Поэтому в зону дренирования реками входят те водоносные отложения ($C_{г2}$, J_{3+2} , D_{3+2} , C_{m1}), питание которых за счет глубокой инфильтрации вадозных вод из вышележащих отложений происходит на одних и тех же площадях и в близкие сроки, благодаря чему обеспечивается постоянное синхронное превышение уровней подземных вод этих горизонтов над уровнями рек.

Дренирующее воздействие гидрографической сети на каждый из водоносных горизонтов осуществляется в таких условиях или непосредственно, или через смежные водоносные горизонты. На этом основании за начальный наиболее близкий от поверхности базис стока подземных вод можно принимать отметки базиса русловой эрозии (дно русла), определяющие максимально возможное снижение уровней подземных вод в бассейне, и соответствующие этому максимальные гидравлические градиенты от водоразделов к рекам.

Соотношение уровней в бассейнах характеризуется превышением поверхности водоразделов (междуречий) над руслами рек. На территории БССР установлено по карте превышений, что наиболее распространены превышения 25—50 м (37,6% от всей площади), особенно в Балтийском бассейне (38,1%). Максимальные превышения 125—150 м занимают только 1,0% (Балтийский бассейн 1,6%, Черноморский 0,6%), минимальных превышений 0—10 м в Балтийском бассейне почти нет, в Черноморском они равны 13,6% (Полесье), а превышения 10—25 м в Балтийском бассейне составляют 21,9%, в Черноморском 33,3%.

Зона дренирования реками в первом приближении ограничивается как минимум первым мощным, литологически выдержанным водоупором. На территории Белоруссии региональных водоупоров в основании зоны дренирования нет. Относительные водоупоры, состоящие из глин, мергельно-меловых образований, доломитов (glQ , Cr_{2+1} , J_{3+2} , C_{2+1} , D_{3+2}), отделяют частично межморенные водоносные горизонты, сеноманский горизонт верхнего мела, юрские и девонские горизонты.

Условия дренирования верхних водоносных комплексов речной сетью в большинстве бассейнов Белоруссии осложнены высокой заболоченностью водосборных площадей и речных долин, что обуславливает частичное дренирование верхних водоносных отложений на подходах к руслам рек.

Для подземных вод, находящихся в сфере интенсивного дренирующего влияния гидрографической сети, принято считать, что водораздельные площади между морскими и наиболее крупными речными бассейнами совпадают с площадями инфильтрационного питания водоносных горизонтов, за счет которых формируется подземное питание рек. Исследованиями установлено растекание подземных вод с этих площадей к прилегающим речным долинам и тектоническим впадинам (Г. В. Богомолов, М. Ф. Козлов, А. С. Кабанов, А. П. Лавров, И. С. Зекцер и др.). Особенно мощный отток инфильтрационных вод установлен по долинам Зап. Двины и Немана в Балтийское море (в Балтийскую тектоническую впадину) и по долине Припяти к Днепру (в Припятскую тектоническую впадину). Подземный поток долины Припяти состоит из сливающихся в единое целое подземных вод кайнозойских, мезозойских и палеозойских отложений.

На склонах Украинского щита происходит такое же растекание инфильтрационных вод в реки или непосредственно, или через вышележащие отложения (Q , $N + Pg$, Cr_2).

На водораздельных площадях, приуроченных к возвышенностям, разделяющих Балтийский и Черноморский бассейны, наблюдается хорошая согласованность пьезометрических поверхностей всех водоносных горизонтов зоны интенсивного водообмена.

На площади Белорусского массива (Минская, Новогрудская и другие возвышенности) средние абсолютные отметки уровней подземных вод четвертичных отложений составляют до 200 и >240 м, верхнемеловых >180 и >200 м, среднедевонских >200 и >240 м, кембрийских >200 м, верхнепротерозойских до 200 м, архейских (кристаллического фундамента) >200 м.

На площади Латвийской седловины уровни подземных вод четвертичных водоносных горизонтов составляют 150—175—180 м, верхнедевонских 170—175 м, среднедевонских до 177 м.

В долинах главных рек также установлено сближение пьезометрических поверхностей подземных вод, которые при условии напорного их движения снизу вверх превышают обычно меженные уровни рек. В долине Припяти на участках, где меженные уровни рек равны приблизительно 130 м, уровни подземных вод четвертичных горизон-

тов составляют 130—140 м, верхнедевонских 128—139 м, а при уровнях рек 120 м уровни подземных вод среднедевонских горизонтов равны около 121—124 м и т. п. В долине Припяти на участках, где уровни реки равны 120—130 м, уровни подземных вод четвертичных и неогеново-палеогеновых водоносных горизонтов равны приблизительно 140 м, а при уровнях рек 130 м уровни в кембрийских и протерозойских горизонтах достигают 124—141 м, архейских — 133 м. В долине Днепра практически совпадают напорные уровни четвертичных, неогеново-палеогеновых, верхнемеловых, юрских, верхне- и среднедевонских водоносных горизонтов. В долине Немана близко совпадают пьезометры верхнемеловых и юрских горизонтов и т. п.

Охарактеризованные общие условия питания и дренажа подземных вод верхней зоны подтверждаются данными наблюдений за режимом подземных вод*. Преобладают синхронность сезонного и многолетнего хода уровней подземных вод четвертичных, палеогеновых, верхнемеловых водоносных горизонтов в долинах Припяти, Турьи, Ясельды, Горыни и других рек. Это видно из таких объективных зональных характеристик, как скорости и высота подъемов уровня, скорость распространения волны паводка, годовые и многолетние колебания уровня. Для примера можно привести совмещенные среднемноголетние амплитуды годовых колебаний уровня: по долине Припяти — пост Ратно — воды межморенных и палеогеновых горизонтов 1,57—1,58 м; по долине Турьи — пост Ковель — воды межморенных и верхнемеловых горизонтов 0,80—0,86 м; по долине Горыни — пост Столин — воды межморенных и палеогеновых горизонтов 1,86—1,99 м и т. п.

Вместе с тем анализ уклонов подземных вод к речным руслам показывает, что дренаж заметно изменяется в зависимости от таких факторов, как глубина залегания подземных вод ниже русла реки, расстояние от русла и сезоны года. В некоторых долинах (реки Горынь, Ясельда и др.) установлены обратные уклоны в межморенных и палеогеновых горизонтах от горизонтов грунтовых вод после половодья. Инфильтрационное питание этих горизонтов происходит в это время года через вышележащие отложения, а затем начинается усиленный дренаж реками с соответствующим запаздыванием фаз по сравнению с дренажем аллювиальных потоков.

В водоносных комплексах, залегающих ниже дренирующего влияния современной и погребенной речной сети, при условии большого погружения мезозойских и палеозойских обводненных толщ, годовые и многолетние колебания уровня практически не наблюдаются. На таких участках возрастает роль подтока напорных минерализованных вод по зонам тектонических нарушений в вышележащие водоносные комплексы (Q, N + Pg, Cг₂, J₃₊₂) с явлениями локальной азональности химического состава вод зоны интенсивного водообмена.

На территории Белоруссии наиболее значительное распространение имеют участки пьезометрической поверхности верхних напорных водоносных комплексов (распределение их показано на рис. 8) в пределах отметок 140—150 м (18% всей территории) и 150—160 м (17%), в то время как напорные уровни >200 м установлены на небольшой водораздельной части территории (2%), так же как отметки уровня <120 м, приуроченные к низменностям (8%). Наибольшие площади с напорными уровнями >200 м приурочены к гидрогеологическому району, где под четвертичным водоносным комплексом залегают верхнемеловые водоносные отложения.

* По данным Белорусской гидрогеологической станции для южной части БССР.

В пределах основных речных бассейнов также устанавливается значительная изменчивость абсолютных отметок пьезометрической поверхности: в бассейне Припяти (Полесье) наиболее высокие напорные уровни >240 м приурочены к части площади, составляющей только $<0,2\%$; средние для бассейна напорные уровни $130-140$ м распространены на 26% площади, а минимальные $110-100$ м на площади $<1\%$. В бассейне Зап. Двины наибольшую часть площади занимают участки пьезометрической поверхности с отметками $120-130$ м (19%), а минимальные $110-100$ м только 4% . В бассейне Березины значительную часть площади характеризуют более высокие отметки уровня $150-160$ м (30%), низкие отметки здесь равны $120-130$ м (6%).

Подземный сток в реки

В последние годы на территории Белоруссии выполняются исследования, раскрывающие закономерности стока подземных вод и его роль в формировании общего речного стока.

Впервые охарактеризованы основные закономерности подземного стока бассейна Припяти, Березины, Зап. Двины — от Валдайской возвышенности до Балтийского моря, бассейна Свислочи и Птичи*.

Региональная характеристика подземного стока левобережной части бассейна Днепра дана Б. И. Куделиным, а территории Литвы и Латвии И. С. Зекцером.

Исследования в Прибалтике и Белоруссии (И. С. Зекцер, А. П. Лавров) входят в состав работ, выполняемых по Европейской территории СССР (под руководством Б. И. Куделина).

Для характеристики условий формирования подземного стока всей Белоруссии использованы имеющиеся в работах по стоку геолого-гидрогеологические профили по долинам рек, поперечные профили через водосборные площади, карты древних и современных эрозионных врезов рек, превышений водоразделов над руслами рек, гидрохимические профили, типовые схемы дренирования подземных вод реками и другие вспомогательные графики и таблицы**.

Анализ физико-географических, геологических и гидрогеологических материалов позволил установить закономерности дренирования реками верхних водоносных отложений, отражающих своеобразие природных условий различных районов Белоруссии.

Подземный сток в реки рассматривается в гидрогеологическом аспекте, как основной фактор интенсивного водообмена между высокими водораздельными площадями поглощения (инфильтрации) атмосферных осадков и площадями дренирования водоносных горизонтов реками. Формирующиеся в результате этого пресные подземные воды характеризуют зону промывания атмосферными осадками верхних геологических образований. Опреснение вод верхней зоны земной коры является функцией интенсивного водообмена.

Исследования в Белоруссии и на смежных территориях дают основание считать, что пресные подземные воды участвуют в питании рек: частично непосредственно, а частично путем перетекания через вышележащие отложения (Лавров, 1961). На этом основании средние многолетние величины подземного стока в реки обозначают суммарные

* Исследования подземного стока бассейна Зап. Двины выполнялись Институтом геологических наук АН БССР (А. П. Лавров) совместно с МГУ (И. С. Зекцер) и Гос. гидрологическим институтом (О. В. Попов), а бассейна Свислочи — совместно с Белорусской гидрогеологической станцией Главгеологии БССР (А. П. Ваховский).

** Большое значение имеет карта дочетвертичной (доантропогенной) поверхности БССР составленная М. М. Цапенко и Е. П. Мандер (1962 г.).

Новые данные о геологических, геофизических и гидрогеологических условиях западной части Русской платформы (Г. В. Богомолов,

На гидрогеологической схеме западной части (рис. 7) Русской платформы по условиям стока подземных вод показаны основные элементы структурного и гидрографического плана, определяющие направление и интенсивность подземного стока.

В направлении с юго-запада на северо-восток территорию платформы пересекает гряда возвышенностей (Волковская, Новогрудская, Минская, Витебская, Бельско-Духовщинская и др.), по которым проходит орографический водораздел (абс. отметки 250—350 м), отделяющий поверхностный и подземный сток в Балтийское море от стока в Черное море. В своем восточном продолжении этот водораздел смыкается с водоразделом, отделяющим сток в северные моря от стока в Каспийское море.

В средней части Белорусского подземного массива орогидрографический водораздел пересекает и частично совпадает с геоструктурным водоразделом, разделяющим западные и восточные тектонические впадины и приуроченные к ним артезианские бассейны: на западе Балтийская впадина (Прибалтийский артезианский бассейн), южнее ее —

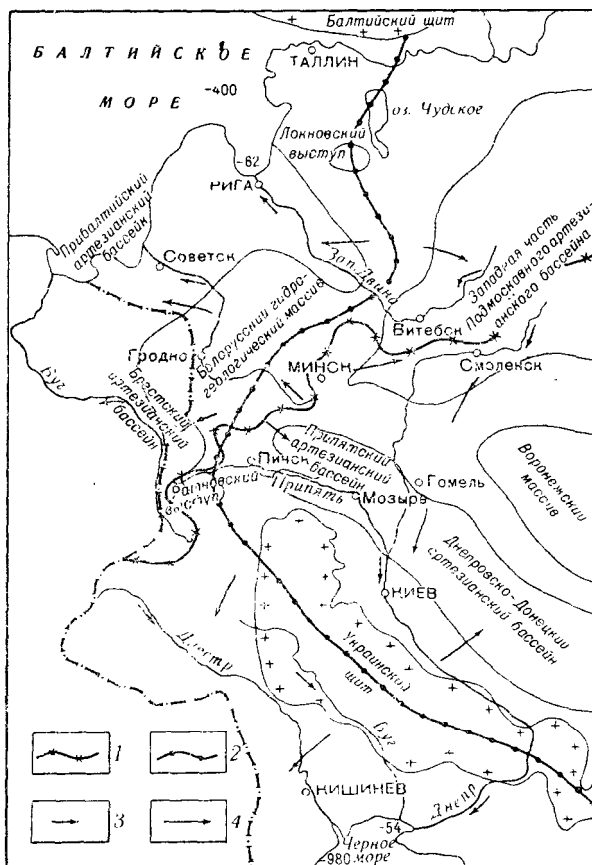


Рис. 7. Гидрогеологическая схема западной части Русской платформы по условиям стока подземных вод. Составил А. П. Лавров по данным Э. Э. Фотиади, Г. В. Богомолова, Н. И. Толстихина, А. П. Лаврова, И. С. Зекцера и др.

1 — орогидрографическая водораздельная граница между бассейнами Балтийского и Черного морей; 2 — геоструктурная водораздельная граница между артезианскими бассейнами западной части Русской платформы; 3 — направление поверхностного и подземного стока по гидрографической сети; 4 — направление глубокого подземного стока в артезианские бассейны

Брестская впадина (Брестский артезианский бассейн), на востоке Оршанская впадина (западная часть Подмосковского артезианского бассейна), южнее ее — Припятская впадина (Припятский артезианский бассейн).

Геоструктурный водораздел пересекает платформу в меридиональном направлении между двумя докембрийскими щитами — Балтийским и Украинским — через высокие отметки фундамента: Локновский выступ (от —250 до —450 м), Латвийскую седловину (от —700 до —800 м), Белорусский массив (от —150 до —500 м), Полесскую седловину (от +100 до —200 м), Ратновский выступ (около —100 м), Волыно-Подольскую плиту (от —200 до —400 м).

Украинский щит отделяет восточные впадины — Припятскую (—3000 м) и Днепровско-Донецкую (—4000 м) от южной Причерноморской впадины (Черноморский артезианский бассейн). Воронежский массив и Жлобинская седловина отделяют Оршанскую (Московскую) впадину (> -1500 м на западе) от Днепровско-Донецкой впадины; на западе Белорусский массив отделяет Балтийскую впадину (> -2000 м) от Брестской впадины (> -600 м на востоке), переходящей в Львовско-Люблинскую впадину.

В результате изучения геоструктурных и гидрогеологических особенностей платформы установлено, что в артезианских бассейнах существуют сложные условия многоэтажного подземного стока с разно-сторонним движением подземных вод. В верхних этажах движение подземных вод свободное и напорное направлено от возвышенных участков в реки и в сторону моря; в нижних этажах движение подземных вод напорное, мало зависящее от геоморфологии бассейна, имеет часто противоположное направление. Направление движения вод изменяется в зависимости от расположения тектонических впадин, к которым приурочены участки глубокого подземного стока, и от степени раскрытости и погружения отдельных водонасыщенных толщ.

Эти особенности подземного стока четко выявляются на продольных структурно-гидрогеологических профилях, составленных по долине Зап. Двины (Даугавы), Припяти, Березины и другим рекам.

В бассейне Зап. Двины, пересекающем платформу от Валдайской возвышенности до Балтийского моря, подземный и поверхностный (руслевой) сток имеют общее направление в море (в Рижский залив), в то время как глубокий подземный сток направлен от Латвийской седловины на запад в Балтийскую впадину и на восток в Московскую впадину. В бассейне Припяти подземный и поверхностный сток направлен к Днепру, глубокий же подземный сток от Полесской седловины на запад имеет направление в Брестскую впадину, а на востоке — в Припятскую впадину и далее в Днепровско-Донецкую впадину. Сток из этого бассейна через так называемый «пролив» между подольской и азовской частями Украинского массива направлен в основном в Причерноморский артезианский бассейн, или в конечном итоге в Днепр и Черное море (Каменский, Толстихина, Толстихин, 1959).

Московская впадина отличается сложными условиями формирования глубокого подземного стока, так как кроме атмосферного питания в верхней и средней части Западно-Двинского бассейна в нее поступают инфильтрационные воды в верховьях Днепровского бассейна. Глубокий сток в пределах западной части Московского артезианского бассейна частично локализуется по таким структурам второго порядка, как Оршанская и Валдайская впадины, с сохранением общего направления на юго-восток.

На большей части бассейна Немана поверхностный и подземный сток в Балтийское море совпадает с направлением глубокого стока со

стороны Белорусского массива в Балтийскую впадину, только в верхней части бассейна глубокий подземный сток частично направлен в Брестскую впадину. Для водоносных комплексов, дренируемых речной сетью, базис стока подземных вод с площади бассейна Зап. Двины и Немана расположен на отметках континентального склона в Рижском заливе Балтийского моря — 62 м и близи склона — 100 — 240 м. В Черном море базис стока с площади бассейна Днепра расположен ниже — в области континентального склона — 64 м и около склона — 980 м*.

Особенности распределения подземного стока подтверждают значение территории Белорусского массива с Латвийской седловиной на севере, Полесской седловиной на юге и Жлобинской — на востоке как области формирования ресурсов подземных вод в зоне интенсивного водообмена и в зоне замедленного водообмена, расположенной ниже дренирующего воздействия речной сети.

Исследованиями установлено, что гидрографические водоразделы речных бассейнов совпадают в основных чертах с гидравлическими водоразделами для водоносных комплексов, дренируемых реками. Это хорошо согласуется с геоморфологическими условиями этой части Русской платформы, а именно — с расположением гряды возвышенностей в верховьях рек, стекающих с этих высоких участков в Балтийское и в Черное моря.

В речных бассейнах Белоруссии преобладают условия, когда подземные воды зоны дренирования гидравлически взаимосвязаны. Поэтому пьезометры верхних горизонтов подземных вод характеризуют общую гипсометрию водной поверхности в подземных потоках, стекающих к речным долинам и питающих реки.

В большей части речных бассейнов подземный сток в реки интенсифицируется в местах глубоких понижений на дочетвертичной поверхности (палеодолины, озерные котловины и т. п.). В направлении с севера на юг наблюдается своеобразное «омолаживание» дочетвертичных водоносных отложений, дренируемых речной сетью, при общем условии, что на территории БССР дренируются все водоносные горизонты четвертичного комплекса.

Участок стока подземных вод девонских отложений расположен на севере Белоруссии: на северо-западе он представлен швентойско-тартуским и наровско-пянруским водоносными комплексами; на северо-востоке — франским, швентойско-тартуским и наровско-пянруским водоносными комплексами. К средней части Белоруссии приурочен участок стока подземных вод сенон-туронского и сеноманского водоносных горизонтов, с которыми на западе и востоке республики гидравлически связаны воды залегающего ниже юрского водоносного комплекса. В южной части Белоруссии сплошное распространение имеет неогеново-палеогеновый водоносный комплекс, воды которого гидравлически связаны с водами вышележащих водоносных горизонтов четвертичных отложений и с залегающими ниже сенон-туронским, сеноманским и юрским водоносными горизонтами. Особенность территории западных и юго-западных участков стока заключается в том, что здесь зона пресных вод распространяется частично на водоносные горизонты кембрийских отложений, а в западной части массива и на водоносный комплекс верхнепротерозойских отложений.

Гидроизопьезы проведены через 20 м по пьезометрическим уровням первых напорных водоносных горизонтов, имеющих наиболее ши-

* Атлас СССР, 1954 г.

рокое распространение*: в северной и северо-восточной частях БССР это будут межморенные валдайско-московский, московско-днепровский, франкий, швентойско-тартуский и наровско-пянрусский водоносные го-

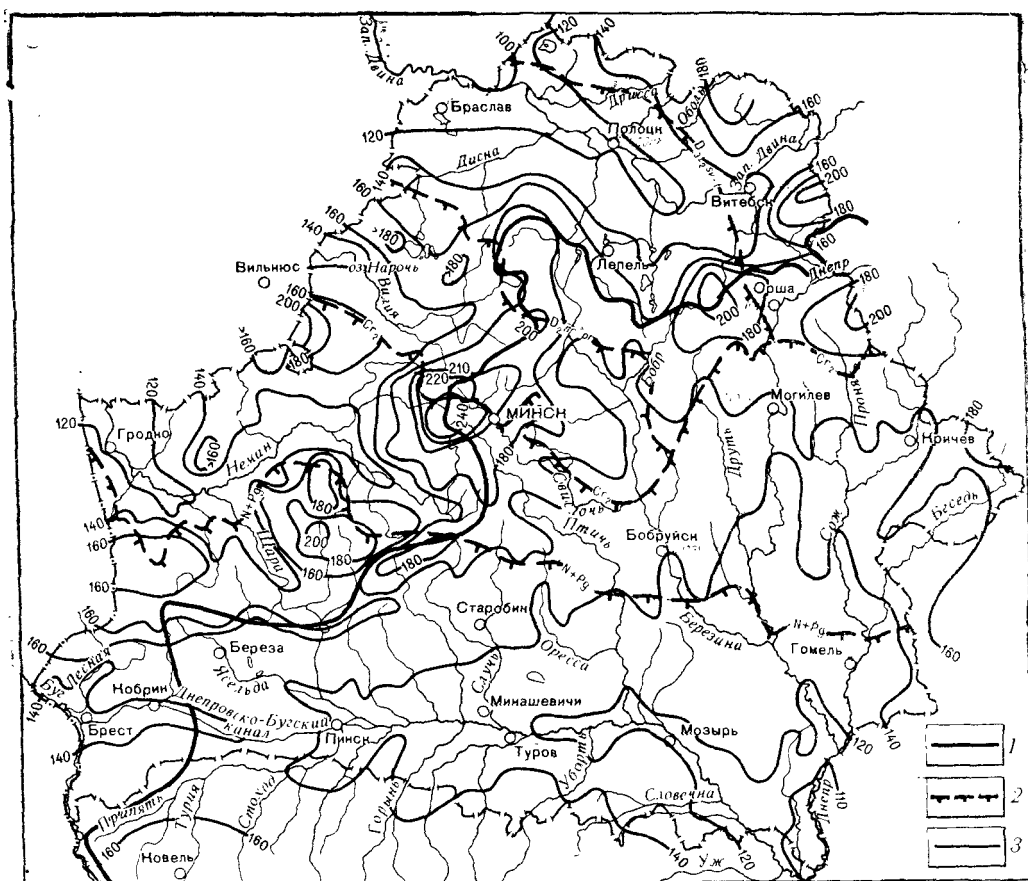


Рис. 8. Схематическая карта изолиний одинаковых напоров верхнего водоносного комплекса зоны дренирования реками БССР. Составил А. П. Лавров по данным А. П. Ваховского, И. С. Зекцера, А. П. Лаврова

1 — Балтийско-Черноморский водораздел; 2 — северная граница верхнего дочетвертичного водоносного комплекса; 3 — гидроизопьезы

ризонты и комплексы; в центральной части преобладают валдайско-московский, московско-днепровский и днепровско-березинский аллювиально-флювиогляциальные водоносные горизонты, на юго-востоке — неогеново-палеогеновый водоносный комплекс, на западе и на востоке — сенон-туронский, сеноманский и юрский водоносные горизонты (рис. 8).

По распределению гидроизопьез выделены области питания, имеющие северо-восточное простирание, совпадающие в основных чертах с грядой водораздельных возвышенностей: на юго-западе участок Волковысских высот с отметками пьезометрических уровней 160 м, далее участок Барановичско-Новогрудских высот (180—200—240 м), Толочин-Кохановский участок (180—200 м). На прилегающих к Белоруссии

* Верхние водоносные горизонты напорных подземных вод (четвертичных и дочетвертичных отложений) в условиях Белоруссии не могут быть отнесены к типично артезианским водоносным горизонтам.

областях питания выделяются участки высоких отметок пьезометрических уровней подземных вод: на севере участок Латгальской возвышенности (160—180 м), участок Невельско-Городокских и Вежаницких высот (180—190 м), на востоке участок Бельско-Духовщинских гряд Московско-Смоленской гряды (180—200 м), Воронежский массив (210—220 м), участок Валдайской возвышенности (180—220 м), на западе участок Гродненской возвышенности (160 м), Ошмянской возвышенности (160—200 м), на юге Украинский щит (150—200 м), Волынское плато (220 м).

От участков питания подземный сток имеет направление к областям дренажа (разгрузки) подземных вод, приуроченных к долинам рек, особенно к их низовьям*: Западно-Двинской (самые низкие отметки пьезометрических уровней (140—110 м), Вилейской (140 м), Неманской (140—110 м), Бугско-Муховецкой (140—130 м), Припятско-Березинско-Днепровской (Полесье) (140—100 м). Плавный переход гидроизопьез от областей питания к областям разгрузки свидетельствует о наличии гидравлической взаимосвязи между ними.

В речных долинах пьезометрическая поверхность подземных вод, обеспеченных постоянным питанием с прилегающих участков, неизменно превышает меженные уровни рек. Наименьшие величины превышения установлены в грунтовых прирусловых потоках, уровни в которых обычно в межень выше уровня поверхностных русловых вод на 0,3—0,5—1,0 м. Пьезометры в межморенных водоносных горизонтах и в нижележащих, гидравлически с ними связанных, формируются под воздействием напорного градиента, действующего снизу вверх на более высоких отметках, чем отметки уровня грунтовых вод и в руслах рек, особенно в летнюю межень. Наиболее значительное превышение по средним значениям гидроизопьез и среднемеженных уровней в руслах рек установлено в долине Зап. Двины (от 0—5 до 10 м и выше), в долине Немана, Березины, Днепра (0,5 м чаще 10 м и реже выше); уменьшается превышение уровней подземных вод над уровнями рек в долине Припяти (0—5 м, реже 5—10 м).

Региональные особенности динамики подземного стока в реки характеризуются различным превышением уровней подземных вод в областях питания над уровнями в долинах главных рек. По величине гидравлического градиента северные и западные речные бассейны значительно отличаются от бассейнов южных и юго-восточных бассейнов на территории Полесья. В бассейне Зап. Двины средние градиенты в потоках напорных подземных вод зоны дренирования составляют 0,0010 (реки Оболь, Улла, Усвейка и др.) — 0,0040 (р. Оболянка). В бассейне Немана градиенты равны 0,0005 (р. Неман) — 0,0010—0,0013 (реки Сервеч, Уса, Ганья) — 0,0020 (р. Щара) — 0,0033 (р. Молчадь). Такие же значения градиентов в верхней части бассейна Березины 0,0014—0,0020 (р. Свислочь). Заметно уменьшаются градиенты в бассейнах Припяти, Буга, нижней части Березины, Днепра: 0,0001—0,0003 (реки Припять, Ясельда, Днепр, Сож, Березина, Мухавец) — 0,0004—0,0006 (реки Бобрик, Случь, Уборть, Друть, Словечна, Лесна).

Районирование территории БССР по условиям формирования подземного стока в реки

По совокупности геологических и гидрогеологических особенностей отдельных речных бассейнов выделены гидрогеологические районы на территории БССР, отличающиеся условиями формирования подземного стока в реки (рис. 9).

* Отметки уровней приведены для территории БССР.

вания водоносных горизонтов руслами рек определяются не только литологическим строением отдельных толщ, но и условиями их залегания, так как по направлению к тектоническим впадинам некоторые водоносные комплексы пород (J_{3+2} , D_2 , $Ст$ и др.) интенсивно погружаются и выходят из сферы дренируемого воздействия речной сети.

Всего на территории Белоруссии выделяется по условиям формирования подземного стока в реки три района, которые в свою очередь подразделяются (по геологическим и гидрографическим признакам) на двенадцать подрайонов*. Сток подземных вод в реки из водоносных комплексов зоны дренирования показан для площадей выделенных районов и подрайонов по бассейнам крупных (главных) рек, по которым и ведется расчет подземного стока.

Район I — северный (четвертично-девонский). Этот район подразделяется на четыре подрайона.

Первый подрайон (I^A) охватывает юго-западную часть района, где под четвертичными образованиями (с общей мощностью до 100—150 м) непосредственно залегают наровские (наровско-пярусские) слои среднего девона, погружающиеся на север и северо-запад, в сторону Балтийской впадины, под отложения верхнего девона. На участке в районе г. Сморгони залегают нижнепалеозойские отложения. Приближенная мощность зоны дренирования реками, устанавливаемая по нижней границе пресных вод (1,0—1,5 г/л), равна 200—250 м (D_2nr). Межморенные валдайско-московский и московско-днепровский водоносные горизонты, за счет которых в основном формируется подземный сток, и залегающие ниже их среднедевонские водоносные отложения дренируются реками Вилией, Илией, Нарочью, Ошмянкой и др. На водораздельной площади между бассейнами Свислочи, Исличи и др. дренаж усиливается благодаря глубокому древнему размыву дочетвертичной поверхности с отметками ниже уровня моря (—10 м). Гидроизопьезы на площади первого подрайона характеризуются снижением отметок от >180 м на севере и востоке до <140 м на западе в долине р. Вилии.

Второй подрайон (I^B), выделенный юго-восточнее первого, имеет аналогичное с ним геологическое строение и мощность (200—250 м, D_2nr) зоны дренирования, но дренируется реками Черноморского бассейна — Березиной, Бобром, Плиссой, Гайной, Ушой. Мощность четвертичных отложений равна 100—150 м и достигает 300 м (Минская возвышенность); в четвертичных отложениях распространены межморенные водоносные горизонты — московско-днепровский и днепровско-березинский, под которыми залегает неоднородный по водообильности и лишь частично дренируемый реками наровско-пярусский водоносный комплекс. Отметки гидроизопьез падают от 200—180 м на западе до 160 м на востоке в долине р. Березины.

Севернее расположен третий подрайон (I^B), где реками Зап. Двиной, Дисной, Уллой, Ушачью, Усвейкой дренируются преимущественно четвертичные водоносные горизонты, в основном валдайско-московский и московско-днепровский (общая мощность четвертичных отложений 50—100 м на северо-западе и юго-востоке подрайона >150 м) и швен-тойско-тартуский, частично наровско-пярусский, погружающиеся в сторону Оршанской впадины. Мощность зоны дренирования уменьшается до 200—150 м. Большую роль в дренировании играют глубокие древ-

* Районы названы по тем частям территории Белоруссии, где распространены различные верхние дочетвертичные водоносные комплексы. Дополнительно в скобках дается название района по преимущественному участию водоносных комплексов в подземном питании рек.

ние понижения на дочетвертичной поверхности в районе г. пос. Чашники (отметки ниже уровня моря — 45 м), в долине р. Уллы и в районе Браславских озер (—40 м).

Отметки гидроизопьез в этом районе падают от 180—170 м на юго-востоке до 110—100 м на западе в долине р. Зап. Двины.

Северо-восточный подрайон (I_Г) приурочен к местам развития верхнедевонских (франских) отложений. В связи с этим зона дренирования мощностью 100—150 м (D₂) состоит преимущественно из четвертичных — валдайско-московских и частично московско-днепровских отложений, имеющих общую мощность 50—100 и >150 м на востоке, а также из франских карбонатных, швентойских и тартуских водоносных отложений. Воды песчаных и карбонатных пород девонских отложений приобретают основное значение в подземном питании рек на востоке подрайона, причем частичные водоупорные отложения среднего девона погружаются в сторону Оршанской впадины. Дренаж девонских водоносных горизонтов, особенно в песках и песчаниках швентойско-тартуского горизонта, усиливается в местах таких глубоких размывов дочетвертичной поверхности, как Полоцкий и Бешенковичский (до —20 м). Гидроизопьезы показывают значительное падение пьезометрических уровней в этом подрайоне — от 200—190—170 м на севере и востоке до 130—120 м на западе в долине Зап. Двины.

Район II — центральный (четвертично-верхнемеловой). Гидрогеологический район, пересекающий в центральной части Белоруссии с запада на восток Балтийско-Черноморскую водораздельную возвышенность, подразделяется на три подрайона.

Западный подрайон (II^A) отличается тем, что здесь дренируются реками Неманом, Щарой, Дитвой, Уссой и другими почти все водоносные горизонты осадочной толщи. Четвертичные отложения, мощностью 50—150 и >150 м на западе, содержат московско-днепровский и днепровско-березинский межморенные горизонты; ниже их залегают погружающиеся на запад верхнемеловые водоносные отложения, среди которых под мергельно-меловой толщей расположен имеющий основное значение в подземном стоке в реки водоносный горизонт в песках и песчаниках сеноманских отложений, а также кембрийский водоносный комплекс и на западе высоконапорный юрский водоносный комплекс. В связи с этим мощность зоны дренирования достигает 300 м и более. На большей части площади подрайона проходит крупная древняя долина (до —10 м), к которой приурочены частично р. Неман, р. Щара и другие, врез которых в коренные отложения обеспечивает активизирование подземного стока из всех вышеуказанных водоносных комплексов в реки. Отметки гидроизопьез падают от 200—180 м на северо-западе и востоке (водораздел) до 130—110 м на юго-западе в долине Немана.

Второй подрайон (II^B) расположен восточнее Балтийско-Черноморского водораздела и дренируется реками бассейна Днепра: Птичьей, Свислочью, Березиной, Ольсой и др. В зону дренирования входят преимущественно четвертичные отложения мощностью 50—100 м, содержащие водообильные межморенные горизонты, ниже их расположены небольшой мощности верхнемеловые, затем частично наровско-пярнуские и частично верхне-среднеюрские и кембрийские водоносные отложения, кроме участка на юге подрайона, где выходят отложения протерозоя. Кембрийские отложения погружаются на восток под среднедевонские отложения и на запад под верхнемеловые. В бассейнах этих рек подземный сток усиливается на участках раннечетвертичных долин, имеющих отметки до —20 м. Мощность зоны дренирования

уменьшается по сравнению с первым подрайоном до 300—200 м (D_2 — Ст₁). Падение отметок гидроизопьез здесь несколько меньше, чем в первом подрайоне, — от 200—180 м на западе до 150—140 м на востоке в долине Березины.

Восточный подрайон (II^B) по геологическому строению несколько отличается от других подрайонов тем, что, здесь кроме четвертичных водоносных отложений (<50—100 м) и верхнемеловых дренируется частично юрский водоносный комплекс, вскрываемый на некоторых участках реками Днепром, Сожем, а на западе района швентойско-тартуский, вскрываемый Днепром. Наровские и кембрийские водоносные отложения полого погружаются в сторону Оршанской впадины под мощный водоупор и выходят из сферы дренирования реками. Мощность верхнемеловых водоносных горизонтов, основных в формировании подземного стока в реки, а также пестрого по водообильности юрского водоносного комплекса увеличивается также на востоке района, что влечет за собой усиленное дренирование главным образом верхнемеловых отложений реками. Водоносные отложения общей мощностью около 150 м дренируются реками Днепром, Друтью, Сожем, Проней и др. В этой части бассейна Днепра отметки днищ раннечетвертичных долин достигают —28 м. Гидроизопьезы снижаются от 200—170 м на северо-востоке до 140—130 м на юге в долине Днепра.

Район III — южный (четвертично-неогеново-палеогеновый). Южный гидрогеологический район на территории Белоруссии подразделен на пять подрайонов.

Северо-западный подрайон (III^A) отличается сложным геологическим строением зоны дренирования, имеющей мощность 150—300 м. В средней части подрайона реками Щарой и Зельвянкой вскрываются и дренируются преимущественно верхнемеловые отложения, мощность которых увеличивается на западе. Реками Щарой, Зельвянкой, Гривдой и другими полностью дренируются надморенные и межморенные московско-днепровский и днепровско-березинский водоносные горизонты (мощность Q 50—100—150 и >150 м на западе), неогеново-палеогеновый водоносный комплекс, а на западе дополнительно юрский водоносный комплекс. Отметки гидроизопьез падают от >200—180 м на западе и востоке до 140—130 м на севере в долине Щары.

Условия дренирования в западном подрайоне (III^B) отличаются тем, что здесь полностью дренируются реками Бугом, Мухавцом, Лесной четвертичные (аллювиальные и флювиогляциальные) водоносные отложения общей мощностью 50—100 и <50 м на юге, неогеново-палеогеновый водоносный комплекс, а также водоносные горизонты верхнемеловых и частично верхне- и среднеюрских отложений, в которых проходит граница зоны пресных вод (около 300 м). От Полесской седловины верхнемеловые отложения, а далее на западе юрские отложения погружаются в сторону Брестской впадины. Дочетвертичная поверхность, так же как и в смежном подрайоне, отличается спокойным рельефом, кроме бассейна Лесны. Максимальные отметки пьезометрической поверхности подземных вод достигают >160 м на севере и падают до 140—130 м в центре и на западе в долине Мухавца и Буга.

Восточнее расположен третий подрайон (III^B), дренируемый реками Припятью, Пиной, Ясельдой, Бобриком, Случью, Горынью и др. Здесь полностью дренируются водоносные горизонты четвертичных отложений (мощность <50—100 м), неогеново-палеогеновых, верхнемеловых, вскрываемых реками Бобриком и Ясельдой, и частично кембрийских, вскрываемых р. Бобриком, которые служат нижней границей зоны дренирования (250—300 м). Отложения верхнего мела, мощность которых увеличивается к западной границе подрайона, интенсивно по-

гружаются вместе с кембрийскими отложениями в сторону Брестской впадины. На востоке третьего подрайона расположена Полесская седловина, отделяющая его от четвертого подрайона. Отметки гидроизопьез в третьем подрайоне уменьшаются от 180—170 м на севере до 140—130 м в центре и на востоке.

Четвертый подрайон (III^Г) отличается от третьего тем, что здесь нижняя граница зоны дренирования (150—200—250 м) проходит в юрских водоносных отложениях, погружающихся на восток и на юго-восток. Реками Припятью, Птичьей, Орессой, Иппой, Ствигой, Убортью, Словечной и другими дренируются полностью аллювиальные и флювиогляциальные водоносные горизонты четвертичных отложений общей мощностью <50—100 и >100 м южнее г. Мозыря, неогеново-палеогеновый водоносный комплекс, верхнемеловой и частично юрский водоносные комплексы, а на западе и на юге подрайона докембрийские образования Украинского массива, трещинные воды которых судя по пьезометрам имеют сток к р. Припяти (Варава, 1959; Козлов, 1957). Минимальное значение отметок гидроизопьез достигает в долине Припяти 120 м.

Восточный подрайон (III^Д) дренируется реками Днепром, Сожем, Березиной, Ведречью, Ипутью и другими, которые частично вскрывают верхнемеловые и верхнеюрские водоносные горизонты. Подземный сток в реки усиливается в местах максимальной раскарстованности мергельно-меловых пород в речных долинах. Мощность зоны дренирования не превышает 150—200 м. По долине Днепра (Рогачев — Речица) установлен мощный размыв (до J₃), и менее значительный по долине Сожа (до Cг₂ст). Мощность четвертичных отложений не превышает 50—100 м. Отметки гидроизопьез имеют в этом подрайоне наиболее низкое значение (150—140 м на востоке и 130—110 м в центре и на юге в долине Днепра).

Формирование подземного стока в реки

В зависимости от изменения природных условий отдельных районов БССР закономерно изменяются величина и режим подземного стока в реки. Поэтому подземный сток является основным критерием водного режима на территории речного бассейна или его части. Под влиянием местных особенностей — геоморфологических, геологических, гидрографических и др. — одни и те же зональные климатические факторы по-разному влияют на ход изменений подземного стока по сезонам года и в многолетних периодах. Дренаж реками происходит при восходящем движении подземных вод не только в пределах глубины русловой эрозии и глубины залегания первых водоупоров, но и ниже их, тем более, что на большей части Белоруссии регионально выдержанных водоупоров нет, а верхние местные водоупоры (glQ, N, Cг₂ и др.) часто размыты или опесчанены и должны быть отнесены к категории относительных водоупоров.

По условиям дренирования реками четвертичных и девонских отложений в бассейне Зап. Двины установлена мощность сформировавшейся в результате последнего промывания зоны пресных вод (Лавров, Зекцер, 1963). Глубина промывания соответствует положению базисов подземного стока в речных и морских водоемах. Эта закономерность распространяется и на другие бассейны.

Наиболее активно подземный сток протекает в верхней части зоны дренирования, в горизонтах грунтовых вод кайнозойских и частично мезозойских отложений, сток в которых формируется под непосредст-

венным воздействием климатических факторов. В результате глубокой инфильтрации из зоны грунтовых вод в нижележащие водоносные горизонты межморенных отложений, а также в палеогеновые, верхнемеловые, верхнедевонские и среднедевонские водоносные отложения, а частично в верхне-среднеюрские и кембрийские водоносные отложения формируется более глубокий подземный сток в реки. При этом величина гидравлического градиента, определяющего сток, нарастает от водораздельных площадей питания к руслам рек. Дренаживание глубоких водоносных горизонтов на территории Белоруссии тесно связано с наличием палеогидрографической сети (Цапенко, Шевяков, Мандер, 1961), с которой соединены коллекторы стока как в четвертичном покрове, так и в толщах пород верхнего мела, верхнего и среднего девона и т. д.

Подземный сток в реки определялся способом генетического расчленения гидрографов рек по Б. И. Куделину (1960).

Величины подземной составляющей общего речного стока территории Белоруссии получены на основе типовых схем дренажирования (по И. С. Зекцеру и А. П. Лаврову) в Государственном гидрологическом институте, а по южной части республики, кроме этого, в Институте геологических наук АН БССР (табл. 2).

Для характеристики основных параметров подземного стока в реки использованы средние многолетние данные. Наиболее длинные ряды наблюдений установлены в бассейне Зап. Двины по посту г. Витебска за 78 лет, в бассейне Немана по посту г. Столбцы за 26 лет и г. Гродно за 30 лет, в бассейне Днепра по посту г. Орши за 63 года, в бассейне Сожа по посту г. Славгорода за 57 лет, в бассейне Припяти по посту г. Мозыря за 71 год, Лучицы за 51 год и т. д. Подземный сток по постам с короткими рядами наблюдений (3—10 лет) приводился в части бассейнов к многолетнему периоду путем установления графической связи подземного стока с общим стоком и подземного стока приводилось к подземному стоку длиннорядного пункта аналога.

Полученные величины сопоставлялись с расчетными значениями, полученными аналитическим способом через переходные коэффициенты общего и подземного стоков. Средние данные для периодов 5—6 лет отличаются от средних по данным за период >10 лет на 10%. Данные по постам с периодом наблюдений 1—3 года были использованы как вспомогательные сведения. При построении карт подземного стока за основу принимались данные, полученные в результате расчленения гидрографов рек по постам, охватывающим площадь от 500 до 50 000 км². Данные по постам с меньшей или большей площадью бассейна использовались как вспомогательные.

Охарактеризовать закономерности формирования подземного стока в реки на такой сложной по геологическим и ландшафтным условиям территории, как Белоруссия, пока можно только в виде схематических карт.

Изолинии среднегодовых модулей подземного стока (см. рис. 9) показывают, что наиболее высокие значения модуля подземного стока приурочены к центральной, наиболее высокой, хорошо дренируемой реками части территории Белоруссии (районы Балтийско-Черноморской водораздельной полосы), в бассейне Березины, особенно в средней части (бассейн Свислочи) и на западе в бассейне Немана (3,5—4,0 л/сек/км² и более). Значительная величина модуля установлена также на склонах северной области питания в правобережной части бассейна Зап. Двины (от 2,0—2,5 до 3,5—4,0 л/сек/км²). Закономерное уменьшение модулей подземного стока наблюдается на юге республики в Полесье (от 2,5—2,0 до 1,5—1,0 и даже до 1,0 л/сек/км²). Низким модулем подзем-

Таблица 2

Основные сведения о подземном стоке в реки БССР*

Река	Створ	Площадь, км ²	Общий сток, модуль, л/сек/км ²	Подземный сток			% подземного стока от об- щего
				модуль, л/сек/км ²	слой, м	коэффи- циент, %	
Бассейн Балтийского моря							
Бассейн Зап. Двины							
Зап. Двина	Витебск	27 300	8,37	2,26	71	12,0	27,8
Зап. Двина	Полоцк	41 700	—	2,3	72	12	—
Каспля	Ленино	4 940	7,7	2,0	62	12	26
Лужесянка	Борково	400	6,8	3,1	97	18	46
Витьба	Скуловичи	107	7,7	1,6	50	—	21
Лучеса	Лускинополь	3 120	6,2	1,5	47	7	25
Ручей	Сенно	36	5,8	2,6	82	—	47
Улла	Лепель	1 330	7,8	4,2	132	20	55
Улла	Промыслы	3 330	6,0	2,1	68	11	38
Эсса	Годивля	530	7,6	3,7	116	17	49
Усьвиж-Бук	Загатье	227	7,2	2,4	74	12	34
Оболь	Ломоносово	395	6,1	2,2	71	—	38
Оболь	Левши	2 520	9,8	2,9	92	15	30
Полота	Янково I	618	7,4	2,7	86	15	39
Нача	Горовцы	212	6,7	2,1	65	11	33
Дисна	Шарковщина	4 540	7,0	2,2	70	12	33
Мяделка	Русаки	431	9,7	3,2	100	14	37
Берцовка	Саутки	654	6,0	1,2	37	7	23
Дрисса	Демехи	1 810	8,9	4,0	126	20	46
Дрисса	Вольницы	4 800	—	3,6	115	20	41
Свольна	Пользино	1 460	7,2	3,6	113	20	50
Бассейн Немана							
Неман	Столбцы	3 070	6,2	2,0	63	10	32
Неман	Белица	16 700	7,0	3,2	101	17	47
Неман	Гродно	33 600	6,5	3,1	97	16	48
Березина	Неровы	1 070	6,6	3,8	119	19	58
Гавья	Лубината	920	9,3	6,1	192	31	66
Дитва	Поречаны	810	7,1	1,6	51	—	23
Шара	Вел. Воля	6 460	4,7	2,5	78	13	50
Зельвянка	Зельва	1 230	5,0	2,9	91	15	61
Зельвянка	Пески	1 800	6,0	2,8	90	15	52
Свислочь	Сух. Долина	1 720	4,3	2,9	92	15	58
Котра	Котра	1 870	6,1	2,1	66	11	36
Вилия	Стешицы	1 230	7,0	3,6	115	20	54
Вилия	Вилейка	4 190	7,2	3,0	93	16	42
Вилия	Залесье	6 840	7,4	3,4	106	18	46
Вилия	Михалишки	10 300	7,1	3,4	106	18	48
Наровь	Нарочь	1 440	7,2	3,6	114	20	51
Ошмянка	Вел. Яцены	1 490	8,2	4,6	146	25	57
Бассейн Буга							
Рыта	Мал. Радваничи	1 640	2,9	>0,5	16	3	21
Лесна	Замосты	1 840	4,6	0,9	29	5	20

* Таблица составлена по материалам Государственного гидрологического института (О. В. Попов, Е. Б. Якушева, П. П. Небожева) и Института геологических наук АН БССР (А. П. Лавров).

Продолжение табл. 2

Река	Створ	Площадь, км ²	Общий сток, модуль, л/сек/км ²	Подземный сток			% подземного стока от об- щего
				модуль, л/сек/км ²	слой, м	коэффи- циент, %	
Бассейн Черного моря							
Бассейн Днепра							
Днепр	Орша	18 000	7,9	1,6	51	9	20
Днепр	Могилев	20 800	7,1	2,2	68	12	31
Днепр	Жлобин	30 300	5,8	1,9	61	11	32
Друть	Румок	4 650	6,3	3,0	95	17	50
Бассейн Березины							
Березина	Зрисов	5 690	6,8	3,3	103	16	49
Березина	Обруйск	20 200	5,8	2,5	78	14	44
Березина	Батилки	23 300	5,3	3,2	102	18	61
Бобр	Лыпенка	2 150	6,6	4,2	132	21	64
Свислочь	Аречье	596	7,3	3,4	106	19	41
Свислочь	Янск	767	6,3	4,2	132	23	67
Свислочь	Зребуты	4 050	6,2	2,4	75	—	40
Бассейн Ведречь							
Ведречь	Бабичи	438	4,0	1,2	37	7	33
Ведречь	Демехи	1 010	4,0	1,1	34	6	35
Бассейн Сожа							
Сож	Ускосы	2 600	6,0	2,4	76	—	41
Сож	Славгород	17 700	6,2	3,0	93	16	48
Сож	Гомель	38 860	—	2,5	79	14	44
Вихра	Куровичи	2 160	6,2	2,3	73	13	40
Проня	Горки	171	6,8	1,1	34	6	17
Реста	Лопатищи	1 260	5,8	1,6	52	—	38
Уза	Прибар	680	3,9	1,2	35	—	32
Бассейн Припяти							
Припять	Коробы	35 700	2,7	0,8	27	5	32
Припять	Туров	71 400	3,0	1,4	43	7	47
Припять	Мозырь	97 200	3,8	1,4	43	8	38
Ясельда	Безеза	916	5,6	1,6	51	10	29
Ясельда	Сенин	5 110	3,2	1,0	31	6	32
Бобр	Парахонск	1 450	4,0	1,0	30	6	25
Цна	Дятловичи	969	4,1	1,1	35	6	32
Горынь	Горынь	27 000	2,8	0,9	28	5	34
Бережанка	Рудня	187	4,1	0,7	21	—	18
Лань	Локтыши	878	4,1	1,0	32	—	28
Случь	Новодзгорцы	813	4,8	1,2	38	—	28
Случь	Ленин	4 210	3,2	2,4	68	11	32
Уборть	Картыничи	4 490	3,4	1,0	30	—	32
Уборть	Элодин	5 260	3,2	0,7	23	4	26
Птичь	Лецковщина	175	6,8	3,8	114	19	59
Птичь	Русаковичи	818	6,1	3,1	86	17	48
Птичь	Крынка	2 010	4,4	2,0	61	11	41
Птичь	Лучицы	8 770	5,0	1,6	48	9	35
Оресса	Любань	1 290	4,7	1,9	58	10	41
Оресса	Андреевка	3 580	4,4	1,8	59	10	46
Иппа	Кротов	909	5,5	2,1	67	13	41
Вить	Борисовщина	782	2,6	> 0,5	16	3	24
Словечно	Кузьмичи	914	3,5	0,9	29	5	30

ного стока характеризуется центральная часть бассейна Припяти, низовья Березины и бассейн Мухавца.

Для всех речных бассейнов и гидрогеологических районов БССР определены минимальные модули подземного стока. Они служат характеристикой наиболее высокой многолетней обеспеченности подземного стока. В бассейне Зап. Двины отношение минимальных модулей к среднегодовым составляет только 28%, в бассейне Немана — до 54%, в бассейне Сожа — 60%, в бассейне Припяти — 65% и наиболее высокого значения достигает в бассейнах Березины и Днепра — 89%*.

Закономерности формирования подземного стока в различных частях территории БССР видны также из особенностей распределения среднего годового слоя стока (в миллиметрах в бассейнах рек (рис. 10). Наиболее благоприятные условия формирования подземного стока имеются на водораздельных возвышенностях, в верховьях рек Березины, Свислочи, Уллы, Вилии, Немана (>120 и $120-110$ мм). Большой слой стока ($120-110$ мм) установлен на площади Невельско-Городокской возвышенности в верховьях рек Дриссы, Свольны и др. Закономерно ухудшаются условия формирования подземного стока на равнинах, особенно на заболоченных площадях Полесья, где слой стока достигает наиболее низких значений для всей территории республики ($30-20$ и <20 мм).

Коэффициенты подземного стока уменьшаются от 20—16% в центральной и северной частях Белоруссии до 8—4% в южной части, на площади Полесья.

Особенности подземного стока, свойственные условиям Белоруссии, заключаются в закономерном изменении доли подземного стока в общем (суммарном) стоке в различных речных бассейнах, т. е. изменении интенсивности дренирования водоносных комплексов гидрографической сетью.

На схематической карте распределения величины отношения подземного стока в реки к общему стоку (рис. 11) выявлена полоса наибольших значений этого отношения ($>50\%$), протягивающаяся от Днепра через среднюю часть бассейна Березины в бассейн Немана. К северу, югу и востоку процент подземного стока снижается от 30—40 до 20—30, а в правобережной части бассейна Зап. Двины возрастает до 40—50 и >50 . Наименьшие значения доли подземного стока установлены в Полесье (20—30%) и в верховьях Прони (10—20%).

Обеспеченность подземного стока определяется значениями коэффициента вариации C_v , которые равны в бассейне Зап. Двины 0,20—0,27 м, в бассейне Немана 0,13—0,20 м, в бассейне Березины, Днепра, Сожа 0,12—0,33 (до 0,40 м) и в бассейне Припяти 0,14—0,48 м.

На степень точности определений подземного стока в реки влияют (искажают) естественная или искусственная зарегулированность поверхностных вод — наличие водохранилищ, крупных озер, гидротехнических мелиоративных сооружений и т. п.

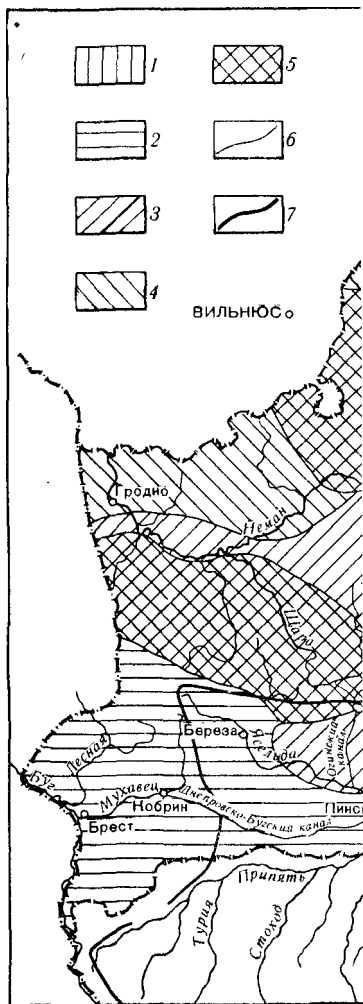
Воднобалансовые расчеты глубокого подземного стока

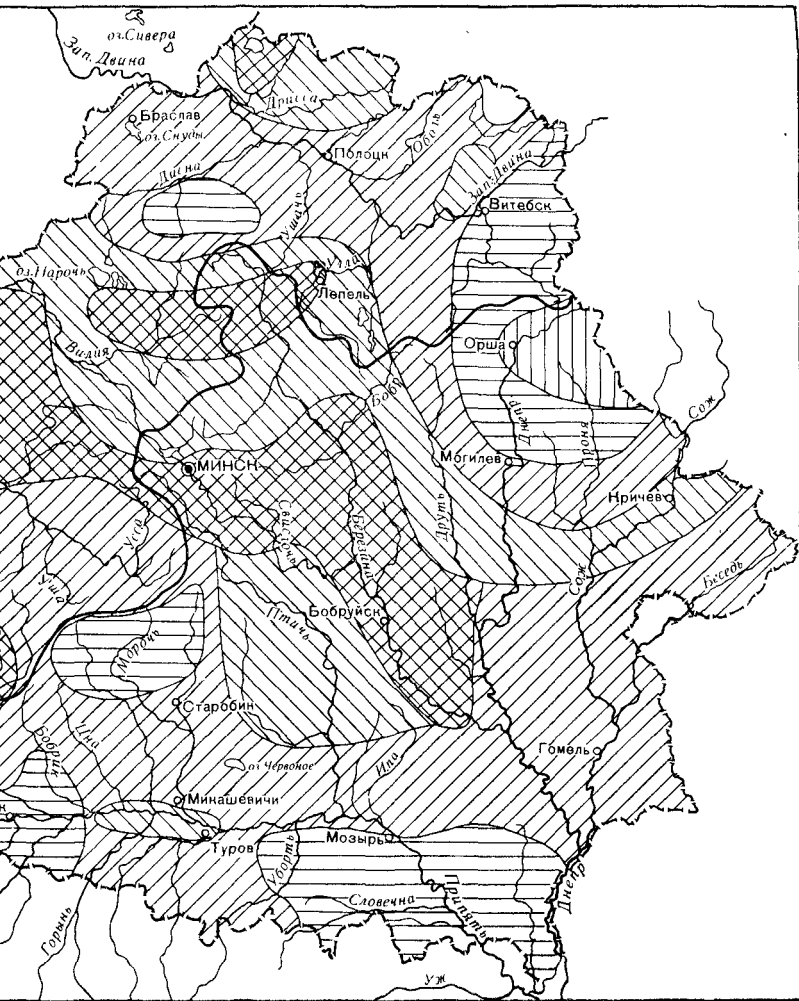
Определение величины атмосферного (инфильтрационного) питания подземных вод произведено нами путем воднобалансовых расчетов с учётом природных особенностей отдельных балансовых участков, выделяемых на территории Белоруссии.

* Многолетние амплитуды колебаний модуля подземного стока реки (в л/сек/км²) составляют в бассейне Зап. Двины 0,72—2,77 л/сек/км², в бассейне р. Немана 0,2—2,73, в бассейне Березины 1,16—2,77, в бассейне р. Припяти 0,48—3,34 л/сек/км².

Рис. 11. Схематическая карта распределения на территории БССР величины отношения подземного стока в реки к общему стоку. Составил А. П. Лавров по данным И. С. Зекцера.
А. П. Лаврова, О. В. Попова

1 — 10—20%, 2 — 20—30%, 3 — 30—40% 4 — 40—50%; 5 — >50%; 6 — граница участка; 7 — Балтийско-Черноморский водораздел





Исходим из того положения, что в результате инфильтрационно-конденсационного поступления атмосферной воды в подземную гидросферу, происходит прежде всего возобновление подземных вод зоны интенсивного водообмена. Принято считать, что эта величина эквивалентна подземному стоку в реки, на основании чего зона интенсивного водообмена по мощности соответственно приравнивается к зоне дренирования верхних водоносных горизонтов и их комплексов реками. Темпы интенсивного водообмена исчисляются сотнями лет.

По уравнению водного баланса может быть определена величина инфильтрации атмосферных вод (метеорного стока), идущая на возобновление подземных вод зоны глубокого стока — ниже дренирующего воздействия гидрографической сети или в зону замедленного водообмена. Атмосферные воды, поступающие в водоносные горизонты ниже зоны дренирования, по-видимому, перераспределяются между водоносными комплексами пропорционально скорости движения в них воды. Темпы водообмена в зоне глубокого стока, направленного в глубокие тектонические впадины, могут достигать десятков и сотен тысячелетий.

Гидрогеологическая интерпретация водного баланса речных и артезианских бассейнов впервые дана в трудах Б. И. Куделина (1960), а для условий Белоруссии применена А. П. Лавровым (1962).

Предварительные суждения о среднем водном балансе помещены в работах А. П. Лаврова, И. С. Зекцера (по бассейну Зап. Двины) и А. П. Лаврова, А. П. Ваховского (по бассейну Свислочи).

Настоящая работа является первой попыткой определения атмосферного питания подземных вод по среднему многолетнему водному балансу территории всей Белоруссии. Для этой цели кроме указанных выше работ использованы материалы Гидрометслужбы, Института геологических наук АН БССР, Госгидрологического института, а также материалы Белорусской гидрогеологической станции (А. П. Ваховский).

Величина общей инфильтрации атмосферных вод в подземную гидросферу и величина глубокой инфильтрации из зоны интенсивного водообмена в нижележащие водоносные горизонты устанавливаются по уравнению

$$N = V + A + W, \quad (1)$$

а для участков экспериментальные или расчетные данные о фактической инфильтрации и дистилляции в поток грунтовых вод — по уравнению

$$N = V_1 + A + W, \quad (2)$$

при условии, что $W = A_n + W_0$, где N — слой атмосферных осадков; V — слой суммарного испарения, определяемого по расчетам или по натурным замерам; V_1 — слой суммарного испарения, определяемого по разности путем подстановки в уравнение величины инфильтрации W при предположении, что экспериментальное и расчетное значения суммарного испарения занижают полученную по разности величину инфильтрации осадков, видимо, из-за недоучета прихода на поверхность земли всех видов атмосферной воды — конденсационной, сорбционной и т. д.; A — слой поверхностного стока; W — часть слоя метеорного стока, поступающая через инфильтрацию и дистилляцию в поток грунтовых вод; A_n — слой подземного стока, или естественные ресурсы (возобновление) подземных вод зоны интенсивного водообмена; W_0 — слой глубокой инфильтрации, или естественные ресурсы (возобновление) подземных вод ниже зоны дренирования (часть атмосферных вод, выходящая из водообмена в этом бассейне).

Величина подземного стока определялась в Государственном гидрологическом институте (О. В. Попова) и в Институте геологических наук АН БССР (А. П. Лавров) по методу генетического расчленения гидрографов общего речного стока (Куделин, 1960) с учетом гидрогеологического строения бассейнов.

Суммарное испарение с площади речных бассейнов вычислялось по просьбе Института геологических наук в Белорусском управлении Гидрометслужбы (Н. Т. Хмыз) по графическому методу Б. В. Полякова. Для сравнения проделан также расчет испарения по градиентному методу А. Р. Константинова, дающий для условий БССР завышение слоя испарения в среднем на 30% от средних расчетных значений испарения по Б. В. Полякову (по отдельным речным бассейнам от 20 до 52%).

Экспериментальные средние величины испарения с почвы, полученные на испарительных установках Белорусской гидрогеологической станции в Минске и в Пинске, несколько выше средних расчетных величин суммарного испарения, но не более чем на 10%.

Использованы также немногочисленные экспериментальные и расчетные величины инфильтрации атмосферных осадков, полученные по балансу грунтовых вод методом конечных разностей и по лизиметрам Белорусской гидрогеологической станции. Путем подстановки их в уравнение водного баланса (2) получены величины общего испарения по разности; такие величины отличаются от расчетных величин испарения (по Полякову) на 3—10%, что свидетельствует о надежности определений инфильтрации по воднобалансовым расчетам.

Для региональной оценки атмосферного питания подземных вод принято среднее многолетнее значение слоя испарения, полученное по графикам Полякова. Потери на испарение в процентах от слоя осадков составляют в бассейне Зап. Двины 65%, в бассейне Немана 70%, в бассейне Днепра и Березины 64—70%, в бассейне Припяти и Буга 75—80%.

Для более правильного учета влияния гидрогеологических и физико-географических условий на формирование водного баланса в таком крупном регионе, каким является Белоруссия, территория ее разделена на воднобалансовые районы и участки.

Прежде всего выделены межбассейновые возвышенные участки питания, на площади которых формируется подземный сток в реки, принадлежащие на севере и на западе БССР к Балтийскому бассейну, а на юге и на востоке к Черноморскому бассейну. Основным примером такого воднобалансового расчетного участка служит площадь Минской возвышенности, приуроченной к Белорусскому подземному массиву.

На территории БССР выделяются следующие воднобалансовые районы и участки:

Бассейн Балтийского моря.

1. Западно-Двинский район, участки Витебский, Полоцкий, Даугавпилский.
2. Вилейский район, участок Михалищский.
3. Неманский район, участки Белицкий, Гродненский.
4. Западный район, участок Мало-Радваничский.

Бассейн Черного моря.

5. Березинский район, участки Бобруйский, Светлогорский (Шатилковский).
6. Днепровский район, участок Речицкий.
7. Сожский район, участок Гомельский.

8. Припятский район, участки Коробовский, Мозырский.
9. Нижнеприпятский район, участок Словечненский.

На территории Припятского района выделены для сравнения некоторые частные воднобалансовые подрайоны левобережной части бассейна и частично в правобережной части — в низовьях притоков Припяти: а) Ясельдинский, б) Бобрицкий, в) Случский, г) Птицкий, д) Горыньский, е) Убортьский.

Установленные в результате расчетов по уравнению водного баланса (1) средние для водосборной площади каждого участка величины возобновления подземных вод за счет фактической инфильтрации атмосферных осадков носят приближенный характер (табл. 3). Надежность полученных величин подтверждается некоторыми косвенными проверками, в частности тем, что средние значения W и W_0 , полученные для площади всего бассейна Припяти, почти полностью совпадают с данными, которые установлены как средние по ряду основных, хотя и не всех, подрайонов бассейна. Основные воднобалансовые величины, полученные для территории БССР, оказались близкими к величинам, установленным при определении водного баланса СССР (М. И. Львович, С. В. Басс и др.).

Для регионального принципа в изучении среднего многолетнего водного баланса частично использованы величины, равные или близкие к норме осадков при условии, что норма осадков мало отличается от среднего слоя осадков за расчетный период.

Воднобалансовые расчетные величины инфильтрационного питания соответствуют среднему многолетнему слою атмосферных осадков, поступивших с расчетной площади в поток грунтовых вод. В принципе такие величины должны соответствовать инфильтрации осадков, полученной для отдельных участков по уравнению баланса грунтовых вод в конечных разностях или на лизиметрических установках.

Сопоставление расчетных данных по некоторым балансовым участкам показывает близкий порядок превышений W (в %) по водному балансу. Инфильтрация, установленная по балансу грунтовых вод и по лизиметрам, характеризует элементарные величины только для небольших нетипичных участков речного бассейна (табл. 4).

Из сопоставления величин фактической инфильтрации, полученной по двухметровому лизиметру Белорусской гидрогеологической станции в Минске и по водному балансу на Минском участке бассейна Свислочи видно, что экспериментальная величина коэффициента инфильтрации выше расчетной на 5—8%.

Коэффициент глубокой инфильтрации по балансу грунтовых вод на Мозырском участке бассейна Припяти равен приблизительно 4% (по Киселеву, 1961), а по среднему водному балансу 6%. Средняя величина коэффициента глубокой инфильтрации, установленная по водному балансу в бассейне Сожа, равна 1—8%, в пределах БССР 6%, в бассейне Днепра от 2 до —0,5% (по Б. И. Куделину, 1960), а по среднему водному балансу территории Белоруссии глубокое питание в бассейне Сожа составляет 2%, а в бассейне Днепра — 4%.

Формирование глубокой инфильтрации атмосферных вод, идущих на возобновление подземных вод зоны замедленного водообмена, имеет различные особенности в отдельных районах Белоруссии. Это разнообразие условий видно из распределения инфильтрационных вод между зоной интенсивного водообмена, представленной пресными подземными водами, и зоной замедленного водообмена, которую отделяет от верхней зоны граница солоноватых и соленых вод (1,5—10,0 г/л).

Таблица 3

Воднобалансовые величины средней многолетней фактической инфильтрации на территории БССР

Районы (выделены курсивом) и участки воднобалансовых расчетов	Водо- сборная площадь до рас- четного створа, км ²	Общая инфильтрация W		Средняя горизонтальная инфильтрация (подземный сток в реки), A_p		Глубокая инфильтрация, W_0	
		слой, мм	коэф- фици- ент, %	слой, мм	коэф- фици- ент, %	слой, мм	коэф- фици- ент, %
<i>Межбассейновый (водораздельный)</i>							
Уч. Минской возвышенности	10 147	138	22	103	17	35	5
<i>Западно-Двинский</i>							
Уч. Витебский	27 300	75	12	72	11	3	1
Уч. Полоцкий	41 700	94	15	84	13	10	2
Уч. Даугавпилский	64 600	104	16	90	14	14	2
Среднее		91	14	82	13	9	1
<i>Вилейский</i>							
Уч. Михалищский	10 300	167	24	112	16	55	8
<i>Неманский</i>							
Уч. Белицкий	16 700	149	22	94	14	55	8
Уч. Гродненский	33 600	89	15	80	14	9	1
Среднее		119	18	87	14	32	4
<i>Западный</i>							
Уч. Мало-Радваницкий	1 640	29	5	22	4	7	1
<i>Березинский</i>							
Уч. Бобруйский	20 200	120	19	105	17	15	2
Уч. Светлогорский	23 300	106	17	104	17	2	<1
Среднее		113	18	104	17	8	1
<i>Днепровский</i>							
Уч. Речицкий	58 200	85	14	62	10	23	4
<i>Сожский</i>							
Уч. Гомельский	38 900	95	17	86	15	9	2
<i>Припятский</i>							
Уч. Коробский	12 217 (БССР)	89	15	35	6	54	9
Уч. Мозырский	33 538 (БССР)	82	14	48	8	34	6
Среднее		85	14	42	7	44	7
<i>Нижнеприпятский</i>							
Уч. Словечненский	10 058	78	14	30	5	47	9
Среднее по БССР		100	16	73	12	27	4

Таблица 4

Сопоставление коэффициентов фактической инфильтрации (в % от осадков), полученных по водному балансу и балансу грунтовых вод

Бассейн—расчетный створ, балансовый участок	Коэффициенты инфильтрации		
	средние по водному балансу	по балан- су грунто- вых вод	разность
Река Случь—Долговский, Ленинский	— 15	11 —	+4
Река Случь—Старобинский, Ленинский	— 15	(8)* —	+7
Река Ясельда—Пинский Сенинский	— 9	(7) —	+2
Река Припять—Мозырьский, Мозырьский	— 14	6 —	+8
Река Бобрик—Плоскинский, Параховский	— 13	6 —	+7
Среднее	13	8	+5

* В скобках даны средние значения (в %) за отдельные годы.

Доля инфильтрационных вод, поступающих со всей расчетной площади в зону глубокого стока — ниже сферы речного дренирования, вычисленная в процентах от общей фактической инфильтрации на этой же площади, имеет следующие приближенные значения: в областях питания подземных вод около 25%; в областях их транзита к рекам наибольшие величины установлены в левобережной части Припяти 30—40% и в низовьях некоторых правобережных притоков (Горынь, Уборть) до 50%; уменьшается доля глубокой инфильтрации в бассейне Березины 2—12%, Немана около 10—30% и достигает 4—10% в средней части бассейна Зап. Двины и 1—2% в средней части бассейна Сожа.

Такое уменьшение глубокой инфильтрации объясняется условиями подземного питания рек: в северной, северо-западной и частично северо-восточной частях БССР и на смежных территориях преобладают высокорасположенные водосборные площади, обеспечивающие питание рек глубокими подземными водами под влиянием высоких напорных градиентов, действующих вертикально вверх, главным образом в подрусловых потоках; на юге и юго-востоке БССР преобладают равнинные территории с незначительным подземным стоком в реки и малыми напорными градиентами.

В результате воднобалансовых расчетов установлены модули атмосферного питания подземных вод — модули общей инфильтрации в потоки грунтовых вод и модули глубокой инфильтрации из верхней зоны в нижележащие водоносные горизонты, сток из которых направлен в тектонические впадины (табл. 5).

По результатам воднобалансовых расчетов в первом приближении определено атмосферное питание, поступающее с водосборных площадей Белоруссии в глубокие водоносные горизонты (палеозойские и частично мезозойские) различных артезианских бассейнов (табл. 6). Неоднородное участие водосборов в питании подземных вод объясняется тем, что возвышенности, расположенные в центральной части Белорус-

Таблица 5.

Атмосферное питание подземных вод по среднему многолетнему водному балансу

Балансовые районы и расчетные участки	Расчетная площадь, км ²	Средние годовые модули, л/сек/км ²		Структурные элементы
		общая инфильтрация	глубокая инфильтрация	
<i>Область питания</i>				
Уч. Минской возвышенности	10 147	4,4	1,1	Белорусский массив
<i>Область стока и дренирования реками</i>				
Западно-Двинский район (Витебск—Полоцк)	14 400	3,2	0,1	Оршанская впадина
(Полоцк—Даугавпилс)	22 900	3,1	0,4	
Вилейский район (по Михалишки)	10 300	5,3	1,7	Прибалтийская впадина
Неманский район (до Гродно)	33 600	3,8	0,1	
Березинский район (до Светлогорска)	20 200	3,7	0,3	
Днепровский район (Орша—Речица)	16 214	2,7	0,9	
Сожский район (Славгород—Гомель)	21 200	3,0	0,3	Припятская впадина
Припятский район (до Коробы)	12 217	2,9	1,7	
(Коробы—Мозырь)	33 538	2,6	1,1	
Нижнеприпятский район	10 058	2,7	1,5	
Западный район	8 573	3,1	0,8	Брестская впадина
Среднее по БССР		3,4	0,8	

сии, создают условия для распределения подземного стока только в пределах зоны дренирования реками, в то время как подземные структурные водоразделы являются фактором распределения глубокого подземного стока в артезианские бассейны, нижние этажи которых расположены в погруженных частях тектонических впадин.

Средние модули глубокого стока атмосферных вод в отдельные артезианские бассейны имеют различный порядок величин и весьма близки к величине общего среднего годового модуля подземного стока для всей территории БССР (0,8 л/сек/км²). Различие модулей глубокого стока в артезианских бассейнах объясняется, как уже было сказано выше, более интенсивным дренажем в речных долинах северной и северо-западной частей Белоруссии, в результате чего большая часть профильтровавшихся атмосферных вод участвует в подземном питании рек и стекает в море, в то время как на юге, юго-востоке и юго-западе речной дренаж ослаблен, что обеспечивает более высокое питание глубоких водоносных горизонтов.

Установленные в табл. 3 средние модули общего (3,1 л/сек/км²) и глубокого инфильтрационного питания (0,8 л/сек/км²) совпадают с модулями, вычисленными по среднему для территории БССР слою инфильтрации атмосферных осадков.

Питание подземных вод в бассейнах Зап. Двины, Днепра, Сожа определялось по водосборным площадям в пределах БССР; по бас-

Таблица 6

Глубокий сток в артезианские бассейны с водосборных площадей БССР

Структурные элементы и артезианские бассейны	Средний годовой модуль, л/сек/км ²	Водосборные площади
Оршанская впадина — западное крыло Московского артезианского бассейна	0,1	Западно-Двинская в пределах БССР (от Полоцка до Витебска)
Балтийская впадина — восточное крыло Прибалтийского артезианского бассейна	0,4	Западно-Двинская (от Полоцка до Дайгавпилса)
	0,1	Неманская (до Гродно)
	1,7	Вилейская (до Михалишки)
Припятская впадина — северо-западное (Припятское) крыло Днепровского бассейна	0,9	Днепровская (от Орши до Речицы)
	0,3	Сожская (от Славгорода до Гомеля)
	0,3	Березинская (до Светлогорска)
	1,1	Припятская (от Коробы до Мозыря)
	1,5	Словечненская (до Кузмичи)
Брестская впадина — восточное крыло Брестского (Львовского) артезианского бассейна	0,1	Рытская (до Мало-Радваничи)
	1,7	Припятская (до Коробы)

сейну Припяти, на площади которого граница БССР проходит по нижним частям правобережных притоков, подсчет расходов и модулей произведен для всей водосборной площади. Путем сопоставления общего для площади БССР атмосферного питания (по среднему слою инфильтрации) частных величин инфильтрации в бассейнах рек приближенно определена для бассейна Припяти та часть атмосферного питания подземных вод, которая формируется за пределами БССР. Она равна общей инфильтрации примерно 60—80 мм и глубокой инфильтрации около 30 мм.

В произведенных подсчетах атмосферного питания артезианских бассейнов (см. табл. 6) не учитывается глубокая инфильтрация атмосферных вод W_0 в области питания, так как за ее счет балансируется отрицательная величина W_0 в тех речных бассейнах, в которых сток главных рек формируется при участии глубоких подземных вод, поступающих с водораздельных гряд (Белорусский подземный массив). Модуль глубокого стока, обеспеченного питанием на водораздельных площадях, равен 1,1—1,2 л/сек/км², а модули глубокого стока, имеющие отрицательное значение, достигают в некоторых речных бассейнах 0,2—0,6 л/сек/км².

ИСКУССТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ

На условия питания, стока и разгрузки подземных вод, их уровень, температурный режим и химический состав существенное влияние оказывают искусственные факторы. В пределах отдельных площадей искусственные факторы играют решающую роль при формировании подземных вод и прежде всего грунтовых вод.

К основным искусственным факторам, изменяющим естественный режим подземных вод территории БССР, относятся влияния дренажных мелиоративных систем, водохранилищ и прудов, а также водозаборных сооружений (колодцев, скважин, галерей).

На режим первого от поверхности водоносного горизонта влияют также вырубка или насаждение лесов, городские и сельские застройки, асфальтирование территории, различные подземные коммуникации.

Проведенные Белгипроводхозом и Управлением эксплуатации Министерства мелиорации БССР наблюдения за осушительными действиями каналов показывают, что при глубине каналов 1,8—2,0 м, заложенных в песчаных отложениях, достигается необходимое понижение уровня грунтовых вод на расстоянии 200—300 м, а при глубине 2,5 м — на расстоянии 300—400 м.

Уменьшение влаги в породах и колебание уровня грунтовых вод происходит также под влиянием поверхностного и подземного стока, испарения и инфильтрации атмосферных осадков.

Расчеты, произведенные В. В. Романовым и К. Е. Ивановым (1956) показывают, что при снижении уровня грунтовых вод на болотах до заданной нормы осушки (без уничтожения естественной растительности) в первые годы величина суммарного испарения резко уменьшается в основном в связи с резким увеличением глубины уровня грунтовых вод. Соответственно годовая величина стока с осушаемого массива в первые годы возрастает не только за счет сработки определенного слоя грунтовой воды, но и за счет уменьшения испарения.

Существующие гидротехнические сооружения на территории БССР оказывают существенное влияние на формирование и распространение подземных вод в приповерхностных отложениях.

Для территории Белоруссии в целом характерны небольшие падения рек, с преобладанием продольных уклонов 0,0001—0,005. В связи с этим строящиеся гидротехнические сооружения отличаются низконапорностью. Обычно действующие малые гидроэлектростанции имеют напор 1,5—6,0 м и лишь на некоторых из них величина напора достигает 8—9 м.

В результате строительства водохранилищ и прудов в долинах рек создаются подпоры грунтовых вод. Первые от поверхности водоносные горизонты, дренируемые реками в естественных условиях, при сооружении плотин и подпора их уровней получают питание из водоемов. Количество инфильтрующейся воды из водохранилищ и прудов зависит от величины напора и водопроницаемости отложений, слагающих долины рек.

Так, например, Заславльское водохранилище, сооруженное северо-западнее г. Минска с целью зарегулирования стока р. Свислочи в ее верховье, резко изменило режим первого от поверхности водоносного горизонта. В результате наполнения водохранилища подпор грунтовых вод первого от поверхности водоносного горизонта распространился на р. Свислочь на 1560 м от берегов. На реках Вяча и Ратомка, впадающих в р. Свислочь выше плотины, подпор грунтовых вод распространился соответственно на 1550 и 400 м.

Кроме того, до сооружения Заславльского водохранилища в периоды естественных паводков р. Свислочи в районе г. Минска заливалось около 253 га и подтапливалось около 300 га площади. В пределах этой территории в толще четвертичных отложений формировались грунтовые воды, уровень которых подвергался резким изменениям в течение года. После сооружения Заславльского водохранилища пики паводков были уположены и на заливаемой и подтапливаемой ранее территории ниже плотины произошло снижение уровня грунтовых вод первого от поверхности водоносного горизонта.

Естественный режим более глубоких водоносных горизонтов также подвергается изменениям в результате воздействия искусственных факторов. Наибольшее влияние на их режим в пределах территории БССР оказывают длительные откачки подземных вод на водозаборах.

Гидрогеологическими исследованиями, проведенными Главгеологией БССР в районе Минска, установлено, что в результате длительной эксплуатации групповыми водозаборами московско-днепровского межморенного водоносного горизонта возникли местные депрессионные воронки. Так, на Новинковском водозаборе, расположенном на северо-западной окраине Минска, за период его эксплуатации с 1932 по 1962 гг. общее снижение первоначального статического уровня за счет взаимодействия скважин и формирования депрессионной воронки в центральной ее части составило 7 м. Радиус стабильной депрессионной воронки в сторону водораздела достигает 3,1 км. С юга депрессионная воронка ограничена р. Свислочью, протекающей в 1,5 км от водозабора.

Снижение уровня воды в московско-днепровском водоносном горизонте и формирование депрессионной воронки наблюдается также на Зеленовском водозаборе, расположенном на северо-восточной окраине Минска. Здесь по мере ввода в эксплуатацию новых скважин уровни воды в московско-днепровском межморенном водоносном горизонте в районе водозабора постепенно снижались. За период с 1954 по 1961 г. уровни на водозаборе по наблюдательным скважинам понизились на 6 м и радиус депрессионной воронки достиг порядка 3 км. В течение 1961—1962 гг. уровни воды продолжали снижаться. Наблюдающееся снижение уровней воды за указанный период свидетельствует о неустановившемся движении подземных вод.

Понижение уровня воды в эксплуатируемом московско-днепровском водоносном горизонте повлекло за собой снижение уровня воды в вышележащем надмосковском флювиогляциальном водоносном горизонте. С 1955 по 1962 г. уровень воды в надмосковском водоносном горизонте на наиболее нагруженном участке водозабора понизился на 2,5—3,5 м.

Особый интерес представляет развитие депрессионной воронки в напорном нижнекембрийском водоносном горизонте в результате интенсивного отбора пресных вод эксплуатационными скважинами, расположенными по всей территории г. Минска в радиусе 6—7 км. Этот водоносный горизонт наиболее интенсивно эксплуатировался в течение последних 5 лет. За период с 1958 по 1962 г. из нижнекембрийского водоносного горизонта на территории Минска 52 скважинами было откачено 42,1 млн. м³ воды. Это повлекло за собой образование глубокой депрессионной воронки. Уровень воды в нижнекембрийском водоносном горизонте в центре депрессионной воронки в 1962 г. снизился по отношению к уровню этого же водоносного горизонта на территории города в 1958 г. на 58—60 м.

ГЛАВА III

ОПИСАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Гидрогеологическое районирование территории БССР произведено по крупным геологическим структурам, которые в гидрогеологическом отношении отличаются условиями формирования подземного стока и количеством водоносных горизонтов или комплексов в отложениях осадочного чехла. К таким структурам относятся Белорусский массив и окружающие этот массив глубокие впадины: Припятская, Брестская и западная часть Московской.

Белорусский массив представляет собой крупную положительную структуру платформы, возвышающуюся над окружающими его впадинами, играет большую роль в питании водоносных горизонтов этих впадин. На значительной его площади подземные воды осадочного чехла находятся в зоне активного водообмена, благодаря чему они являются пресными и только на глубине свыше 300 м воды в палеозойских отложениях имеют слабую минерализацию (3—5 г/л).

Припятская впадина является северо-западным продолжением Днепро-Донецкой впадины. Занимая большую часть территории БССР в пределах восточной части Припятского Полесья, эта впадина представляет собой крупный артезианский бассейн, в верхней части которого в мезо-кайнозойских отложениях циркулируют пресные воды, а в глубоких горизонтах формируются высоконапорные пластовые рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава. Белорусский массив и Припятская впадина являются областью питания водоносных горизонтов Днепро-Донецкого артезианского бассейна.

Брестская впадина занимает северо-восточную часть Польско-Литовской впадины, примыкающей с востока к Белорусскому массиву. Впадина занимает большую площадь в пределах западной части Припятского Полесья и в геологическом и гидрогеологическом отношении весьма слабо изучена. От Припятской впадины она отделена Полесской седловиной, соединяющей Белорусский и Украинский кристаллические массивы. В гидрогеологическом отношении эта седловина играет роль подземного водораздела между артезианскими бассейнами палеозойских отложений Припятской и Брестской впадин и является областью их питания.

Западная часть Московской впадины примыкает к Белорусскому массиву с востока, а на юго-западе через Жлобинскую седловину переходит в Припятскую впадину. В гидрогеологическом отношении Жлобинская седловина, соединяющая Белорусский и Воронежский массивы, играет роль, аналогичную Полесской седловине. В четвертичных, меловых и верхних горизонтах девонских отложений здесь циркулируют пресные воды, а в глубоких горизонтах нижнепалеозойских отложений формируются высокоминерализованные воды хлоридно-натрие-

вого состава. От Белорусского массива в сторону западной части Московского артезианского бассейна (Оршанская впадина) происходит общее моноклинальное погружение нижнепалеозойских и девонских отложений.

На территории БССР выделение артезианских бассейнов и областей их питания, гидрогеологических районов, определяется геологическими структурами района, в соответствии с этим ниже дается более полная гидрогеологическая характеристика этих структур — выделенных артезианских бассейнов.

I район — Белорусский гидрогеологический массив занимает огромную территорию Белоруссии в пределах крайней западной части Русской системы артезианских бассейнов. Район характеризуется относительно близким залеганием от поверхности кристаллического фундамента и включает в себя собственно Белорусский массив с его склонами, Полесскую, Жлобинскую и Латвийскую седловины. Абсолютные отметки поверхности пород кристаллического фундамента в пределах Белорусского массива — 750 м и выше. На восток и северо-восток фундамент постепенно погружается в сторону Оршанской впадины. К юго-востоку, в сторону Припятской впадины, погружение кристаллического фундамента довольно крутое; на участке Глусск — Паричи и Паричи — Горваль, по данным геофизики и глубокого бурения, кристаллический фундамент имеет резкое ступенчатое падение по системе сбросов с общей амплитудой 1000—4500 м и более.

Общая мощность осадочных отложений на площади Белорусского массива колеблется от 200 м в центральной части массива до 600 м и более в пределах его склонов. Последние выделены на отметках от —500 до —750 м. Нижнепалеозойские отложения от Белорусского массива в сторону впадин погружаются под более молодые палеозойские и мезозойские отложения. На восточном склоне Белорусского массива на породах волыно-валдайской серии залегают девонские и меловые отложения, а на юго-восточном его склоне также и юрские отложения. На северном склоне массива породы волыно-валдайской серии перекрыты отложениями балтийской серии, среднего кембрия, ордовика, силура и девона.

Подземные воды кембрийских, девонских, юрских, меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений в пределах собственно Белорусского массива находятся в зоне активного водообмена и минерализация их меньше 1 г/л. Минерализация увеличивается до 3—5 г/л только в нижних горизонтах на глубине свыше 300 м. Воды напорные, на отдельных участках самоизливающиеся. Водообильность девонских и меловых отложений значительная. На склонах Белорусского массива подземные воды палеозойских отложений имеют минерализацию, достигающую 50 г/л.

В пределах этого района для городского и сельского водоснабжения эксплуатируются, главным образом, межпластовые напорные аллювиально-флювиогляциальные водоносные горизонты московского, днепровского и березинского оледенений. Глубины скважин, эксплуатирующих московско-днепровский, межморенный водоносный горизонт — 30—60 м, пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 2—25 м и более от поверхности земли. Производительность скважин колеблется от 8,0 до 82,8 м³/час, при понижении уровня воды на 4—9 м.

Днепровско-березинский водоносный горизонт эксплуатируется значительно меньшим количеством скважин глубиной порядка 50—85 м. Пьезометрический уровень воды устанавливается на тех же глубинах, что и в московско-днепровском межморенном водоносном горизонте.

Дебиты скважин при откачках колеблются в пределах от 12,6—24,0 м³/час при понижении уровня воды на 8—16 м.

В пределах района отдельные промышленные предприятия и населенные пункты частично обеспечиваются за счет использования подземных вод дочетвертичных отложений.

Наряду с наличием обильных горизонтов с пресными водами, широко используемых для хозяйственно-питьевых и технических целей, в пределах первого гидрогеологического района имеют распространение и минерализованные воды, представляющие интерес для бальнеологических целей. Минерализованные воды вскрыты скважинами в Минске и Бобруйске в отложениях нижнего кембрия (гдовские слои) на глубине соответственно 301,5 и 271,2 м, а также в Борисове и Могилеве в отложениях среднего девона на глубине 174,68 и 290 м. Минерализованные воды вскрыты скважинами также и на других участках выделенного района. Общая минерализация воды в Минской скважине на глубине 554,87 м достигает 27,25 г/л. С глубиной минерализация воды возрастает.

На участке глубокого тектонического погружения кристаллического фундамента вдоль северного борта Припятской впадины в пределах долины р. Птичи между Глусском и д. Березовской, а также у деревень Рыдовичи и Поблин наблюдаются выходы солёных источников с минерализацией воды до 15 г/л. На этом участке высокоминерализованные воды палеозойских отложений по зонам тектонических нарушений поднимаются в вышележащие обводненные отложения мезокайнозойского возраста и, смешиваясь с пресными водами, образуют горизонты минерализованных вод хлоридно-натриевого состава.

В центральной части Белорусского массива выделяется площадь с наиболее приподнятым Моринско-Бобовнянским выступом кристаллического фундамента. Граница его проходит примерно по линии Лида, Юратишки, Негорелое, Узда, Копыль. Поверхность кристаллического фундамента достигает здесь максимальных отметок 60—83 м выше уровня моря. Мощность осадочного покрова не превышает 100—250 м. Осадочные породы в значительной мере промыты на всю мощность, в связи с чем пресные воды содержатся не только в осадочном чехле, но и в выветрелой зоне кристаллического фундамента. Породы кристаллического фундамента покрываются здесь осадками волюно-валдайской серии, меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями. На склонах Моринско-Бобовнянского выступа выделяются в различной степени закрытые структуры с постепенным погружением пород нижнего палеозоя в сторону Припятской и Брестской впадин.

Для целей крупного водоснабжения в пределах Моринско-Бобовнянского выступа кристаллических пород используется преимущественно водоносный горизонт, приуроченный к московско-днепровским аллювиально-флювиогляциальным отложениям (первый от поверхности межморенный горизонт). Водоснабжение крупных населенных пунктов полностью обеспечивается за счет этого водоносного горизонта с помощью скважин глубиной порядка 35—86 м. Водовмещающие породы представлены в основном мелкозернистыми песками, реже среднезернистыми. Кровля обводненных песков залегает на глубине 15—40 м, реже 60—70 м. Мощность песков колеблется в пределах 8—34 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 1,5—15 м, реже 23—33 м ниже поверхности земли. Производительность скважин равна 10,1—19,8 м³/час при понижении уровня воды на 2,5—8 м.

Абсолютные отметки поверхности кристаллического фундамента в пределах Полесской седловины составляют 300—500 м ниже уровня моря. К восточной окраине седловины примыкает Синкевичско-Житковичский выступ кристаллического фундамента с абсолютными отметками 102—114 м выше уровня моря.

В Полесской седловине на породах кристаллического фундамента, белорусской и волыно-валдайской серий залегают осадки мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Выдержанные региональные водоупоры здесь отсутствуют, вся толща осадочных пород находится в зоне активного водообмена. Воды пресные или слабосоленоватые. Водообильность водоносных горизонтов, приуроченных к белорусской, волыно-валдайской сериям и меловым отложениям, значительная. На отдельных участках скважины из этих отложений дают самоизливающуюся воду.

Седловина характеризуется повышенным залеганием верхнемеловых и нижнепалеозойских отложений и является областью питания подземных вод палеозойских отложений Брестской и Припятской впадин. Для водоснабжения на большей части Полесской седловины основным водоносным горизонтом является подморенный, водовмещающий породы которого представлены нерасчлененными аллювиально-флювиогляциальными отложениями московско-днепровского и днепровско-березинского оледенений, в основном песками мелко- и среднезернистыми мощностью от 6 до 25 м и более. Глубина скважин на этот водоносный горизонт составляет 23—65 м; пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 2—5 м от поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах 10,1—11,88 м³/час при понижении уровня воды на 1,5—4 м.

В южной части Полесской седловины верхняя водоупорная морена в большинстве случаев отсутствует (размыта), в связи с чем подморенный водоносный горизонт переходит в горизонт грунтовых (безнапорных) вод, мощность которого достигает 40 м и более. Этот горизонт грунтовых вод, а нередко совместно с водами аллювиальных отложений широко эксплуатируется (для сельского водоснабжения) скважинами глубиной 19—30 м. Дебит скважин колеблется от 7,2 до 11,9 м³/час при понижении статического уровня воды на 2—3 м.

Жлобинская седловина представляет собой узкий перешеек, соединяющий Белорусский и Воронежский массивы и разделяющий западную часть Подмосковского артезианского бассейна (Оршанская впадина) и Припятскую впадину. На участке Жлобинской седловины кристаллический фундамент залегает на абсолютных отметках 450—750 м.

Воронежский массив в пределы Белоруссии заходит узкой полосой, где кристаллический фундамент погружен на глубину 350—500 м ниже уровня моря. Верхние горизонты девона, отложения юры, мела, палеогена и неогена в пределах этого подрайона находятся в зоне активного водообмена и содержат пресные воды, часто напорные, на отдельных участках самоизливающиеся. Водообильность горизонтов, приуроченных к отложениям девона и мела, значительная.

Основным водоносным горизонтом для водоснабжения крупных водопотребителей являются подземные воды верхнемеловых отложений (мел и мелоподобный мергель сенон-турона). За счет этого водоносного горизонта частично или полностью обеспечивается водоснабжение крупных населенных пунктов: Чаусов, Кричева, Черикова, Кличева, Быхова, Славгорода, Климовичей, Краснополя, Костюковичей, Рогачева, Паричей, Жлобина, Чечерска, Буда-Кошелево, Речицы, Гомеля и др. Водоносный горизонт эксплуатируется многочисленными скважинами глубиной 50—155 м. Производительность скважин колеблется

от 14,4 до 50,4 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 10 и 6 м. На участках, расположенных в долинах рек, дебиты отдельных скважин достигают 108,0 м³/час, при понижении уровня воды на 11 м (г. Гомель).

Циркуляция воды в меловой толще происходит по трещинам и карстовым пустотам мергельно-меловых пород, мощность которых изменяется от 11 до 100 м и более, увеличиваясь с севера на юг. В этом же направлении наблюдается и погружение водоносного горизонта под толщу палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, который ввиду отсутствия выдержанных разделяющих водоупорных слоев гидравлически связан с водами этих отложений. Повсеместно основной водоносный горизонт мергельно-меловой толщи подстилается обводненными сеноманскими песками. Областью питания водоносного горизонта являются выходы меловых пород на поверхность в бассейне р. Сожа, а в местах его погружения питание происходит за счет перетекания подземных вод из вышележащих горизонтов.

Водоносный горизонт сеноманских отложений также высоко водообилен. Глубина скважин на этот горизонт составляет 60—195 м, пьезометрический уровень воды в них устанавливается от 3,5 до 23 м ниже поверхности земли. Водовмещающие породы представлены преимущественно мелко- и среднезернистыми песками, нередко глинистыми, мощность которых изменяется от 4,5 до 95 м и более. Водообильность и мощность пород горизонта увеличивается с севера на юг.

В пределах Жлобинской седловины эксплуатируются в основном подземные воды четвертичных отложений. Глубина скважин на эти воды порядка 30—50 м, пьезометрический уровень воды в них устанавливается на глубине 1,3—21 м ниже поверхности земли. Водовмещающие породы представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми песками с небольшим содержанием гравия и гальки. Мощность водоносного горизонта изменяется от 10 до 35 м, достигая на отдельных участках 40 м. Производительность скважин колеблется от 11,8 до 64,8 м³/час при понижении уровня воды на 8—11 м.

Неоген-палеогеновый водоносный комплекс эксплуатируется только единичными скважинами глубиной 47—66 м. Производительность их колеблется от 18,0 до 36,0 м³/час при понижении уровня воды на 4—8 м.

Западная краевая часть склонов Белорусского массива характеризуется залеганием кристаллического фундамента на абсолютных отметках 200—400 м ниже уровня моря. Породы кристаллического фундамента здесь перекрываются или породами воыно-валдайской серии, или юрскими отложениями. Выше залегают отложения меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Воды юрских, меловых, палеогеновых и неогеновых отложений, находясь в зоне интенсивного водообмена, характеризуются слабой минерализацией.

Высокую водообильность здесь имеет юрский водоносный комплекс, который является основным для обеспечения водоснабжения крупных населенных пунктов. Водоносный горизонт залегает на глубине 247—313 м. Водовмещающие породы представлены кавернозными и трещиноватыми известняками, песками и слабосцементированными песчаниками. Мощность водоносного горизонта достигает 40 м и более, увеличиваясь в западном направлении. Повсеместно юрский водоносный горизонт перекрывается обводненными сеноманскими песками. Скважины, вскрывшие юрский водоносный горизонт в районе г. Гродно и дер. Глебовичи, дают самоизливающуюся воду, пьезометрический уровень устанавливается на 9—22 м выше поверхности земли. Производи-

тельность скважин колеблется в пределах от 32,4 до 151,2 м³/час при понижении уровня воды на 4—34 м.

Повсеместным распространением в пределах описываемого гидро-геологического района пользуются подземные воды сеноманского водоносного горизонта; глубина его залегания —213—242 м. Водовмещающие породы представлены тонко- и мелкозернистыми песками, мощность которых равна 34—50 м. Производительность скважин порядка 10,8—21,6 м³/час при понижении уровня воды на 6—25 м.

Для сельского водоснабжения здесь также эксплуатируются подземные воды четвертичных отложений, преимущественно московско-днепровский и подморенный, реже днепровско-березинский аллювиально-флювиогляциальные водоносные горизонты. Глубина скважин 30—90 м, дебит 7,2—28,8 м³/час при понижении уровня воды на 6—27 м.

II район — Припятский артезианский бассейн. Район занимает северо-западную часть Днепровско-Донецкого артезианского бассейна (Припятская впадина). От Белорусского и Украинского массивов Припятская впадина ограничена зонами крупных тектонических разломов в виде ступенчатых сбросов большой амплитуды. В центральной части Припятской впадины глубина залегания кристаллического фундамента колеблется от 2500—3000 м на сводах структур до 4500—5000 м и более в наиболее опущенных участках депрессий. На кристаллическом фундаменте залегают отложения верхнего протерозоя, нижнего кембрия, девона, а также всех более молодых систем. Общая мощность осадочного покрова в центральной части впадины достигает более 4500 м.

К породам выветрелой зоны кристаллического фундамента, отложениям верхнего протерозоя, нижнего кембрия, среднего и верхнего девона приурочены рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава с минерализацией 350—392 г/л и более. Наличие солянокупольных структур способствует засолению вод верхних горизонтов вплоть до юрских отложений, а блоковая тектоника создает условия для вертикальной миграции подземных вод. Триасовые отложения в районе наиболее глубокого их залегания содержат воду с минерализацией 50—70 г/л. В юрских, меловых, палеогеновых и неогеновых отложениях воды пресные, напорные. В некоторых скважинах вода устанавливается выше поверхности земли.

В пределах района основные источники крупного централизованного водоснабжения связаны с палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Глубины скважин, эксплуатирующих неоген-палеогеновый водоносный комплекс, составляют 36—93 м. Водовмещающие породы представлены песками от мелко- до крупнозернистых; мощность песков изменяется от 5 до 37 м и более. Пьезометрический уровень воды в скважинах, вскрывших воду в этих песках, устанавливается на глубине 1,3—19 м ниже поверхности земли. Дебит скважин колеблется от 14,4 до 30,2 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 11 и 6 м.

Широкое распространение в пределах района имеют воды четвертичных отложений, которые здесь широко используются, главным образом, для сельскохозяйственного водоснабжения. Среди них наибольший интерес представляет подморенный горизонт, водовмещающие породы которого представлены преимущественно мелко- и среднезернистыми песками, реже крупнозернистыми. Мощность песков изменяется от 6 до 30 м и более. Производительность скважин колеблется от 18,0 до 33,1 м³/час при понижении уровня воды на 2 и 12 м.

На значительной площади южной части района моренные горизонты различного возраста размыты, в результате чего здесь образуется один общий горизонт грунтовых вод мощностью до 45 м, приуро-

ченный к аллювиально-флювиогляциальным отложениям. Глубины эксплуатационных скважин — 27—30 м; пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 2,5—6 м ниже поверхности земли; дебит скважин колеблется в пределах от 7,2 до 18,0 м³/час при понижении уровня воды на 5—2 м.

Воды меловых и юрских отложений на территории района недостаточно изучены, но по геологическим и гидрогеологическим условиям они несомненно представляют практический интерес.

В районе г. Мозыря юрский водоносный горизонт вскрыт скважиной на глубине около 182 м. Водовмещающие породы представлены мелкозернистыми песками. Дебит скважины составлял 11,5 м³/час при понижении уровня воды на 20 м. Вода пресная.

Глубокими поисково-разведочными скважинами на нефть и газ в пределах описываемого района в межсолевых и подсолевых (девонских) отложениях, представленных морскими терригенными осадками, вскрываются высококонцентрированные йодо-бромные рассолы. На глубине свыше 3200 м минерализация подземных вод достигает 350 г/л и более. В них нередко содержатся промышленные концентрации брома и йода. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается обычно на глубине от 22,7 до 420 м ниже поверхности земли, дебит скважин колеблется в пределах 1,1—12 м³/час при понижении пьезометрического уровня воды на 54—447 м. В районе г. Ельска на глубине 2783 м скв. 18 дала самоизлив минерализованной воды в количестве 72 м³/час. Отдельные скважины вскрывают сероводородные рассолы, которые являются аналогами широко известных целебных вод Мацесты.

Рассолы характеризуются довольно высокой температурой. По данным термокаротажа, в Ельской скв. 17 их температура на глубине 2600 м составляет 39,5°С, а в Первомайской скв. 1 на этой же глубине — 67,9°С, а на глубине 3500 м — 80,8°С.

III район — Брестский артезианский бассейн — занимает северо-восточную часть Польско-Литовского артезианского бассейна в пределах Брестской впадины.

Брестская впадина представляет собой структуру, ограниченную с севера Белорусским массивом, с востока Полесской седловиной и с юга Ковельским поднятием кристаллического фундамента. На западе она сливается с Польско-Литовской впадиной. Абсолютные отметки поверхности кристаллического фундамента впадины составляют 1700—2500 м ниже уровня моря. Породы нижнего кембрия в пределах Брестской впадины покрываются отложениями среднего кембрия, ордовика, силура, перми, триаса, юры, мела, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем. Воды глубоких горизонтов палеозоя почти не изучены. Находясь в зоне затрудненного водообмена, эти воды, по-видимому, характеризуются высокой минерализацией. Воды юрских, меловых, палеогеновых и неогеновых отложений пресные, на отдельных участках самоизливающиеся.

Для водоснабжения городов и промышленных предприятий этого района используются напорные воды юрских и меловых отложений. Юрский водоносный комплекс залегает на глубине от 150 (г. Кобрин) до 200 м (г. Брест). Водовмещающие породы представлены известняками кавернозными, слабосцементированными, карбонатными песчаниками и песками. Мощность водоносного горизонта изменяется от нескольких метров до 108 м и более, увеличиваясь в западном направлении. В этом же направлении юрские отложения погружаются на большую глубину, до абсолютной отметки — 100 м и более ниже уровня моря. Залегает юрский водоносный горизонт на кембрийских и силу-

6003

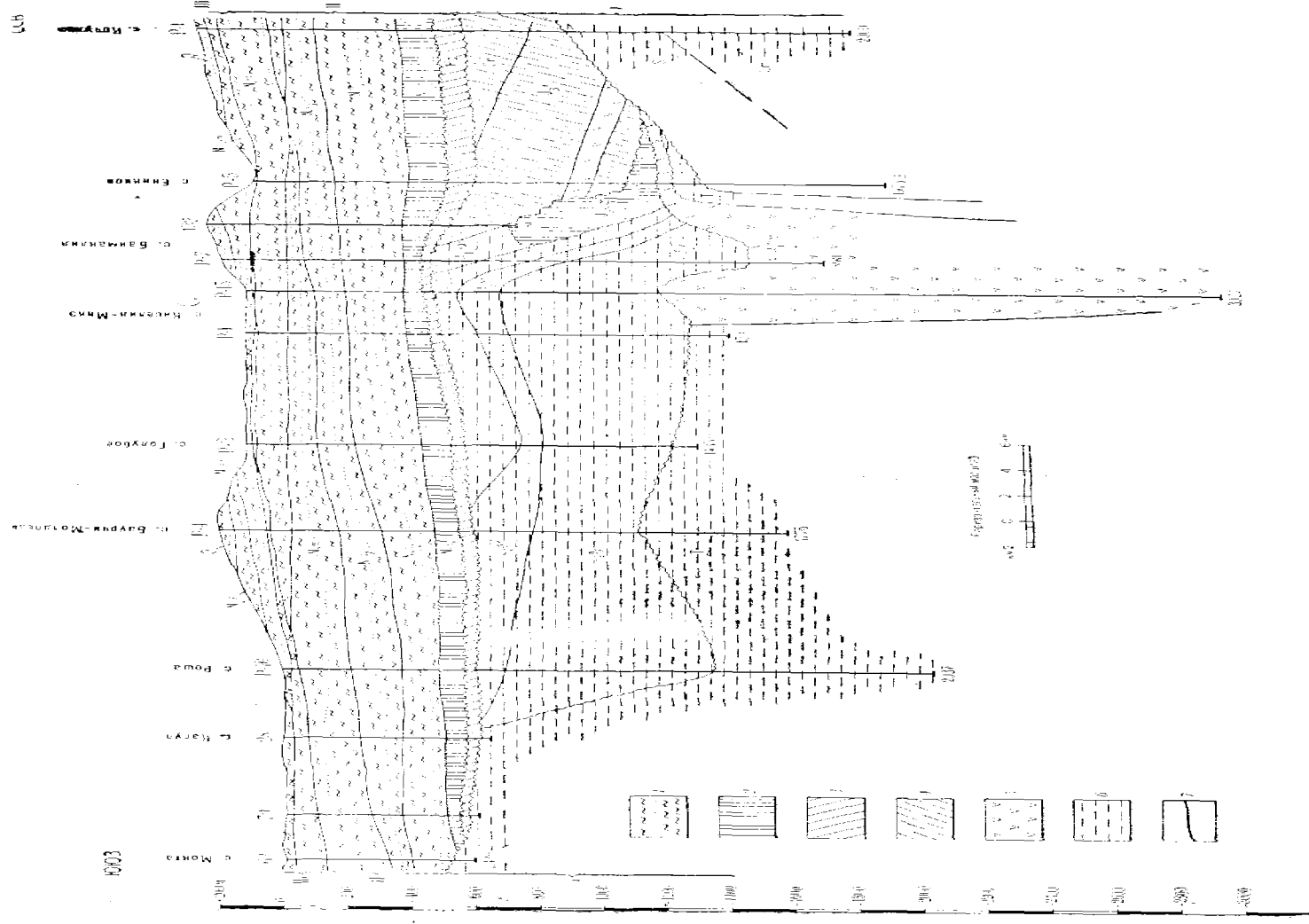


Рис. 13. Структурный геологический разрез 1-1 с выделением структурных зон. Составил А. И. Батина

1 — глина с прослоем песка; 2 — карбонатный порфир; 3 — глина с прослоем песка; 4 — глина с прослоем песка; 5 — глина с прослоем песка; 6 — известняк; 7 — известняк; 8 — известняк; 9 — известняк; 10 — известняк; 11 — известняк.

рийских отложениях, а перекрывается обычно обводненными сеноманскими песками, реже породами мергельно-меловой толщи верхнего отдела меловой системы. Пьезометрический уровень воды юрского водоносного комплекса устанавливается на глубине 1,5—7,5 м ниже поверхности земли. Производительность скважин колеблется в пределах от 50,4 до 79,2 м³/час при понижении уровня воды на 7,5—17 м.

Широким распространением в пределах района пользуются воды меловых отложений, высокая водообильность которых отмечена только в районе Бреста и Кобрина. Централизованное водоснабжение г. Бреста обеспечивается за счет одновременной эксплуатации сенон-туронского, сеноманского и юрского водоносных горизонтов и г. Кобрина — за счет вод мергельно-меловой толщи и юрских отложений. Производительность скважин, получающих воду из сенон-туронского водоносного горизонта, колеблется в пределах от 25,2 до 90,0 м³/час при понижении уровня на 11,5—25 м. На других участках района дебиты отдельных скважин, эксплуатирующих воды мергельно-меловой толщи, колеблются в пределах от 9,0 до 26,0 м³/час при понижении уровня воды на 13—30 м и глубине скважин 40—177 м.

Для городского и в особенности сельского водоснабжения на территории района большим количеством скважин эксплуатируются воды четвертичных отложений: московско-днепровский, подморенный и единичными скважинами днепровско-березинский аллювиально-флювиогляциальный водоносные горизонты. Глубина скважин, эксплуатирующих московско-днепровский межморенный водоносный горизонт составляют 24—85 м. Водовмещающие породы представлены, в основном, мелко- и среднезернистыми песками, мощность которых изменяется от 15 до 71 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 0,5—45 м ниже поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах от 6,0 до 24,0 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 5—8 м. Глубина скважин, эксплуатирующих подморенный водоносный горизонт, в северной части района равна 90—130 м и в южной 22—65 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 1,2—19 м и более ниже поверхности земли. Мощность водоносного горизонта, представленного преимущественно мелкозернистыми песками, изменяется в пределах от 25 до 45 м. Дебит скважин колеблется от 8,0 до 26,0 м³/час при понижении уровня воды на 2—16 м.

IV район — Западная часть Подмосковского артезианского бассейна (Оршанская впадина) — занимает западную часть Русской системы артезианских бассейнов в пределах западной части Московской впадины. Абсолютные отметки поверхности пород кристаллического фундамента здесь составляют 1250 м.

В пределах бассейна водоносные комплексы, приуроченные к породам белорусской серии кембрия и нижних горизонтов девона, находятся в зоне замедленного водного режима, в связи с чем воды, заключенные в них, имеют высокую минерализацию 50—100 г/л и более. Верхние горизонты девона и отложения мела находятся в зоне интенсивного водообмена и содержат пресные воды, на отдельных участках самоизливающиеся. Водообильность пород верхних горизонтов девона и мела значительная. Отложения мела здесь развиты только в юго-восточной части бассейна.

Основными водоносными горизонтами, которые могут быть использованы для водоснабжения, является франский водоносный комплекс, водовмещающие породы которого представлены известняками, доломитами и песчаниками. Кровля водоносного комплекса залегает на глубине 74—130 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавли-

ливается на глубине от 2 до 22 м, реже до 33 м ниже поверхности земли. Производительность скважин составляет 50,4—72 м³/час при понижении уровня воды на 4—10 м. На отдельных участках производительность скважин достигает 144,0 м³/час и более при понижении уровня воды на 4—6 м.

В пределах этого же района широкое распространение имеют водоносные горизонты четвертичных отложений: валдайско-московский и московско-днепровский межморенные водоносные горизонты. Эти горизонты здесь в основном используются для сельского водоснабжения посредством скважин глубиной до 24—94 м. Пьезометрический уровень воды устанавливается в скважинах на глубине 8—15 м ниже поверхности земли. Водовмещающие породы представлены песками от мелко- до крупнозернистых, на некоторых участках гравелистыми. Мощность песков изменяется от 15 до 35 м. Дебит скважин в большинстве случаев колеблется от 9,0 до 50,4 м³/час при понижении уровня воды на 6 и 20 м.

Помимо пресных подземных вод на территории рассматриваемого гидрогеологического района повсеместно распространены минеральные воды. В районе г. Полоцка воды с минерализацией 1,33 г/л были вскрыты скважиной на глубине 183,9 м, в г. Городке воды с минерализацией 114 г/л получены с глубины 800 м в верхнепротерозойских отложениях. В районе г. Витебска (санаторий «Летцы») в отложениях наровского горизонта (интервал 288—430 м) вскрыты воды с минерализацией 3,7 г/л, дебит скважины равнялся 19,7 м³/час при понижении уровня воды на 39 м. Этой же скважиной в интервале 714—803,2 м в верхнепротерозойских отложениях вскрыты воды с общей минерализацией 104 г/л, дебит скважины 38,9 м³/час при понижении уровня воды на 7 м.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

На территории Белоруссии водоносные горизонты и комплексы приурочены к мощной толще четвертичных и дочетвертичных отложений.

Четвертичные отложения на территории БССР распространены повсеместно, достигают мощности 300 м и сложены разнообразными по генезису и литологическому составу породами. Характерной особенностью этих отложений является их литологическая изменчивость как по глубине, так и по простираию даже на близких расстояниях.

Подземные воды заключены в основном в водноледниковых (флювиогляциальных) и в аллювиальных отложениях, представленных песками разного гранулометрического состава. Количество водоносных горизонтов, приуроченных к флювиогляциальным отложениям, определяется наличием морен, разделяющих эти отложения. Частая изменчивость мощности и гранулометрического состава водовмещающих пород создает неравномерную (пеструю) водообильность горизонтов. Нередко нижний подстилающий водоупорный слой отсутствует, и тогда воды четвертичных отложений сливаются с водами дочетвертичных пород.

Отличительной чертой подземных вод четвертичных отложений является их гидравлическая взаимосвязь (рис. 12). Формирование этих вод связано с постоянным и весьма интенсивным водообменом их с поверхностными водами. Основным источником питания являются атмосферные осадки. Уровенный режим подземных вод характеризуется резкими сезонными колебаниями, зависящими от неравномерного распределения атмосферных осадков и испарения как по сезонам года, так

Питание напорных водоносных горизонтов происходит, главным образом, за счет грунтовых вод путем перетекания их на участках размыва морен или через опесчаненные участки. Грунтовые воды, пользуясь почти повсеместным распространением и находясь в зоне непосредственного активного водообмена с поверхностными водами, в условиях Белоруссии играют главную роль в пополнении естественных ресурсов подземных вод нижних горизонтов четвертичных отложений. На отдельных участках это восполнение может происходить и за счет непосредственной инфильтрации атмосферных осадков. По долинам Зап. Двины, Днепра, Немана, Зап. Буга и их крупных притоков напорные воды пополняют свои ресурсы и за счет подтока подземных вод дочетвертичных отложений. Это подтверждается тем обстоятельством, что на отдельных участках в долине Зап. Двины, а также рек Птичи и Случи в результате подтока минерализованных вод палеозойских отложений наблюдается изменение химического состава и общей минерализации подземных вод четвертичных отложений. Воды четвертичных отложений на таких участках из гидрокарбонатно-кальциевых переходят в хлоридно-натриевые с минерализацией от нескольких граммов до 8—20 г/л и более.

Направление стока подземных вод четвертичных отложений определяется рельефом территории БССР. Протягивающиеся с северо-запада на северо-восток с абсолютными отметками 240—300 м Волковыская, Новогрудская, Минская и Оршанско-Витебская возвышенности, а также Копыльская гряда отделяют область стока к Припяти и Днепру (Черноморский бассейн) от области стока к Зап. Бугу, Неману и Зап. Двине (Балтийский бассейн).

Напорные и грунтовые воды четвертичных отложений на участках залегания выше местных базисов эрозии дренируются реками. В долинах рек и оврагов они образуют источники с расходом от десятых долей до нескольких десятков литров в секунду.

Подземные воды дочетвертичных отложений на территории республики пользуются повсеместным распространением. На большей ее площади дочетвертичные отложения залегают ниже местных базисов эрозии и дренированы слабо. Мощность дочетвертичных пород и характер их залегания определяются положением геологических структур, главными из которых являются Белорусский массив и примыкающие к нему Брестская впадина на юго-западе и Оршанская и Припятская впадины — на востоке.

В пределах Белорусского массива, где кристаллические породы допалеозойского фундамента приподняты высоко, мощность дочетвертичных отложений не превышает 300—700 м. Во впадинах поверхность допалеозойского фундамента погружается на большую глубину, в связи с этим мощность дочетвертичных отложений возрастает до 1000—2000 м, а в пределах Припятской впадины она достигает 3000—4500 м и более.

Строением дочетвертичных отложений, условиями их залегания и литологическим составом определяется картина распределения водоносных комплексов и отдельных водоносных горизонтов в различных районах территории БССР, степень водообильности отдельных водоносных горизонтов, а также изменения химического состава подземных вод и их общей минерализации.

Ниже приведена характеристика развитых на территории БССР водоносных горизонтов и комплексов, перечень которых приведен в главе II.

Водоносный горизонт современных аллювиально-озерно-болотных отложений (al, l, hQ_{IV})

Особенностью макроландшафта Белоруссии является широкое развитие болот, отдельные массивы которых занимают площадь до 3000 км². Значительная часть болот образовалась на сравнительно мощных песчаных отложениях речных пойм, надпойменных террас и задровых равнин. Особенно большое количество болот находится в южной части Белоруссии (Полесская низменность), где они занимают площадь около 6 млн. га. Заболоченная площадь обычно приурочена к современным речным долинам.

Водовмещающими породами болотных отложений является преимущественно торф, мощность которого редко достигает 7 м. Уровень воды в торфах залегает на глубине от 0 до 3,5 м и глубже. В зависимости от степени разложения коэффициент фильтрации торфа колеблется от 0,3 до 5,1 м/сутки. Удельный дебит выработок находится в пределах 0,007—0,047 м³/час.

В таблицах 7 и 8 приведены основные гидрогеологические данные по разведочным скважинам, вскрывшим воду в современных аллювиальных и болотных отложениях.

Таблица 7

Основные гидрогеологические данные по водоносному горизонту современных аллювиально-озерно-болотных отложений

Местонахождение скважины	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания статического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Город Орша Оршанского р-на, на пойме р. Днепра	$\frac{4,0}{160,0}$	1,8	158,2	2,4	1,8	158,2	$\frac{0,11}{1,0}$	0,11
Дер. Ржище Минского р-на, на пойме р. Птичь	$\frac{15,0}{154,74}$	2,0	162,74	3,5	0,8	163,94	$\frac{0,68}{2,1}$	0,32
Дер. Радутичи Слуцкого р-на, на пойме р. Птичь	$\frac{10,75}{152,06}$	1,55	150,51	10,0	1,15	150,91	$\frac{0,94}{1,0}$	0,94
Дер. Козловичи Брестского р-на, на пойме р. Лесная	$\frac{2,5}{133,8}$	0,8	133,0	1,7	0,8	133,0	$\frac{0,07}{0,9}$	0,07
Дер. Шеглика Кобринского р-на, на пойме р. Мухавец	$\frac{15,0}{136,78}$	1,0	135,78	4,0	0,68	136,1	$\frac{0,43}{2,0}$	0,22
Дер. Лашук Пинского р-на на пойме р. Стырь	$\frac{1,5}{136,8}$	1,25	135,55	1,20	0,3	136,5	$\frac{0,4}{1,0}$	0,4

Грунтовые воды современных аллювиальных отложений развиты в пределах пойм больших и малых рек на всей территории и надпойменных террас севера БССР. Особенно широко они распространены в поймах рек юга Белоруссии — Припяти, Днепра, Зап. Буга, Березины. Водовмещающими породами являются преимущественно пески разной крупности и сортировки, с большим или меньшим содержанием

пылевато-глинистых примесей, а также гравийно-галечниковыми скоплениями, залегающими в основании толщи в виде линз или в виде прослоев. Среди песчаных накоплений нередко встречаются линзы и прослои супесей, суглинков, глин и иловых образований. Мощность современных аллювиальных отложений колеблется в значительных пределах. В долинах Припяти, Днестра и Березины она достигает 15—20 м, в более мелких реках 10—15 м.

Водоносный горизонт в большинстве случаев подстилается флювиогляциальными отложениями, с которыми образует общую водоносную толщу. На таких участках речных долин водоупорная морена размыта и к общей толще отложений часто приурочен мощный горизонт подземных вод. Дебит скважин на таких участках долин нередко достигает 36 м³/час, при понижении уровня на 2—5 м. В долине р. Припяти и правых ее притоков обводненные отложения пойм нередко залегают на неогеновых, палеогеновых или меловых породах; в пределах Украинского кристаллического массива они иногда перекрывают кристаллические породы фундамента.

Уровень грунтовых вод обычно располагается близко от поверхности земли и изменяется от 0 до 5 м (бассейн Припяти и Днестра). На пониженных участках пойм грунтовые воды выходят на поверхность, образуя болота и небольшие озера. Дебит скважин, получающих воду из современных аллювиальных отложений, нередко достигает 10,8 м³/час, при понижении статического уровня воды до 5 м.

Воды обычно гидрокарбонатно-кальциевого типа от мягких до жестких, слабокислые или слабощелочные, нередко с нейтральной реакцией, часто с болотным запахом, в осадке иногда наблюдаются хлопья гидроокислов железа. Общая минерализация 0,05—0,6 г/л, общая жесткость воды — 0,65—6,66 мг·экв (см. табл. 8).

На некоторых участках долин Птичи, Случи и других рек грунтовые воды имеют хлоридно-натриевый состав, что связано с отдельными очагами подпитывания их высокоминерализованными водами палеозойских отложений. Такие выходы вод хлоридно-натриевого состава с общей минерализацией свыше 6 г/л встречены, например, вблизи дер. Подлужье Глусского района Могилевской области.

Песчаные отложения, слагающие поймы, повсеместно являются водонасыщенными. Во многих районах республики этот водоносный горизонт эксплуатируется с помощью неглубоких срубовых колодцев. На отдельных участках речных долин он может быть рекомендован для хозяйственно-питьевого водоснабжения при соблюдении санитарных мероприятий.

Водоносный горизонт древнеаллювиальных отложений (alQ_{III} v)

Древнеаллювиальные отложения пользуются на территории БССР широким распространением, слагая первую и вторую надпойменные террасы рек Днестра, Припяти, Березины, Сожа, Зап. Буга, верхней части Немана и их крупных притоков. Особенно широко распространены эти отложения в южных районах Белоруссии, где они занимают обширные площади в долине рек Припяти, Днестра и Зап. Буга, охватывающие почти всю низменную равнину Припятского Полесья. Ширина террас достигает 10 км и прослеживается узкими полосами, шириной от 0,3 до 1 км, по долинам ее притоков.

Водовмещающие породы представлены главным образом мелко-средне- и крупнозернистыми песками, кварцево-полевошпатовыми, обычно хорошо промытыми, с включением гравия и мелких галек.

Таблица 8

Химический состав подземных вод водоносного горизонта современных аллювиально-озерно-болотных отложений

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (суммарн.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава
			общая	карбонатная													
Город Орша Оршанского р-на, на пойме Днепра	15/VII 1959 г.	1,2—3,7	6,66	—	6,7	мг/л мг·экв мг·экв %	338,55 5,55 77,4	28,5 0,594 8,3	36,5 1,03 14,3	403,6 7,174 100,0	85,6 4,272 59,5	29,1 2,393 33,4	8,02 0,349 4,9	0,61 0,01 —	123,32 7,014 100,0	0,6	M _{0,6} $\frac{\text{HCO}_3 77 \text{ Cl } 14}{\text{Ca } 60 \text{ Mg } 33}$
Дер. Ржище Минского р-на, на пойме р. Птичь	21/X 1955 г.	5,10	5,42	5,38	7,0	мг/л мг·экв мг·экв %	329,4 5,4 96,43	4,52 0,09 1,61	3,93 0,11 1,96	337,85 5,6 100	83,43 4,41 79,03	12,44 1,02 18,28	— — —	— — —	436,75 5,59 100	0,36	M _{0,36} $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca } 79 \text{ Mg } 18}$
Дер. Радутичи Слуцкого р-на, на пойме р. Птичь	28/VIII 1955 г.	3,4	0,65	0,65	6,5	мг/л мг·экв мг·экв %	42,7 0,70 77,78	Сл. — —	5,26 0,14 15,56	21,96 0,90 100	7,0 0,35 40,7	3,71 0,3 34,84	4,6 0,2 23,25	— — —	15,51 0,86 100	0,05	M _{0,1} $\frac{\text{HCO}_3 78 \text{ Cl } 16}{\text{Ca } 41 \text{ Mg } 35 (\text{Na} + \text{K}) 23}$
Дер. Козловичи Брестского р-на, на пойме р. Лесная	14/VI 1960 г.	1,60	4,6	—	6,8	мг/л мг·экв мг·экв %	366,0 6,0 95,2	— — —	10,6 0,3 4,8	376,6 6,3 100	88,0 4,4 69,8	2,4 0,2 3,2	38,6 11,68 26,7	— — —	129,4 6,3 100	0,3	M _{0,3} $\frac{\text{HCO}_3 95}{\text{Ca } 70 (\text{Na} + \text{K}) 27}$
Дер. Щеглики Кобринского р-на, на пойме р. Мухавец	10/IX 1959 г.	2,2—4,0	4,1	—	6,7	мг/л мг·экв мг·экв %	247,05 4,05 90,6	3,9 0,08 1,7	8,1 0,23 7,7	259,05 4,36 100	70,5 3,52 84,0	7,1 0,58 14,0	— — —	5,6 0,02 1,0	94,14 4,7 100	0,28	M _{0,28} $\frac{\text{HCO}_3 91}{\text{Ca } 84 \text{ Mg } 14}$
Дер. Лашук Пинского р-на, на пойме р. Стырь	11/IX 1956 г.	1,2	6,13	4,0	5,0	мг/л мг·экв мг·экв %	244,0 4,0 61,54	100,11 2,8 32,0	13,83 0,39 6,0	359,44 6,5 100	109,31 5,45 84,23	8,26 0,68 10,51	3,45 0,15 2,3	1,6 0,08 1,24	124,72 6,47 100	0,5	M _{0,5} $\frac{\text{HCO}_3 62 \text{ SO}_4 32}{\text{Ca } 84 \text{ Mg } 11}$

Таблица 9

Основные гидрогеологические данные по водоносному горизонту древнеаллювиальных отложений

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель) абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания статического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель) пониж. уровня, м (знаменатель)	Удельный дебит, м ³ /час
		от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.		
Дер. Антоновка Верхнедвинского р-на, II надпойменная терраса р. Дриссы	$\frac{8,25}{120,0}$	1,80	118,20	2,65	1,80	118,20	$\frac{0,65}{1,0}$	0,65
Город Шклов Шкловского р-на, II надпойменная терраса Днепра	$\frac{12,0}{120,0}$	2,20	117,80	9,80	2,20	117,80	$\frac{1,37}{1,0}$	1,37
Дер. Лемень Краснопольского р-на, II надпойменная терраса р. Сожа	$\frac{8,20}{151,3}$	1,75	149,55	6,45	1,75	149,55	$\frac{0,83}{1,00}$	0,83
Дер. Березка Гомельского р-на, I надпойменная терраса р. Сожа	$\frac{14,0}{120,0}$	4,7	115,3	9,90	4,7	115,3	$\frac{4,79}{3,0}$	1,6
Дер. Галашево Брестского р-на, I надпойменная терраса р. Зап. Буга	$\frac{10}{129,93}$	3,0	126,93	7,0	3,0	126,93	$\frac{7,9}{1,0}$	7,9
Дер. Осинское Мозырского р-на, I надпойменная терраса р. Уборть	$\frac{20}{137,76}$	1,60	136,16	18,40	1,60	136,16	$\frac{4,50}{3,00}$	1,5

Обычно крупнозернистые разности песков, так же как и скопления гравия, наиболее часто встречаются в нижних горизонтах аллювиальной толщи. Характерной особенностью древнеаллювиальных отложений является частая смена литологического состава пород как в вертикальном разрезе, так и по площади их распространения. В верхней части толщи нередко встречаются прослои и линзы супесей и суглинков. Коэффициент фильтрации песков в зависимости от степени пылеватости и глинистости изменяется от 1,9 до 14,45 м/сутки и более.

Мощность древнеаллювиальных отложений колеблется в весьма широких пределах: от 3—5 м в истоках небольших рек до 20—30 м в нижнем течении р. Припяти.

Древнеаллювиальные отложения подстилаются или мореной, или нередко флювиогляциальными песками. В южных районах БССР этот водоносный горизонт на отдельных участках подстилается неогеновыми, палеогеновыми или меловыми отложениями, а в области Украинского кристаллического массива он часто залегает на кристаллических породах докембрийского фундамента. Глубина залегания зеркала воды колеблется от 0,3 до 8 м.

Качество воды удовлетворительное. По степени и характеру минерализации эти воды близки к водам современных аллювиальных отложений. Содержание железа в воде колеблется в пределах от 0,1—3 до 10 мг/л; общая минерализация—0,06—0,24 г/л; общая жесткость воды—0,79—4,5 мг·экв (табл. 10).

Глубина скважин, эксплуатирующих этот водоносный горизонт,—20—30 м, статический уровень воды устанавливается на глубине 2—7,2 м ниже поверхности земли. Дебит скважин при откачке колеблется от 8 до 12 м³/час при понижении статического уровня воды на 1,5—

Таблица 10

Химический состав подземных вод водоносного горизонта древнеаллювиальных отложений

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (суммарн.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Дер. Антоновка Верхнедвинского р-на, II надпойменная терраса р. Дриссы	30/V 1961 г.	1,8—3,0	0,79	0,79	7,0	мг/л мг·экв мг·экв %	48,0 0,80 72,73	4,52 0,09 8,18	7,53 0,21 19,09	60,85 1,10 100	14,67 0,73 66,36	3,18 0,26 23,64	2,53 0,11 10,0	— — —	20,38 1,10 100	0,06	M _{0,06} — $\frac{\text{HCO}_3 73 \text{ Cl } 19}{\text{Ca } 66 \text{ Mg } 23}$
Город Шклов Шкловского р-на, II надпойменная терраса р. Днепра	28/VII 1957 г.	3,15—5,9	4,5	4,5	6,6	мг/л мг·экв мг·экв %	274,5 4,5 93,34	5,76 0,12 2,5	7,09 0,20 4,16	287,35 4,82 100	57,11 2,85 59,12	20,17 1,65 34,23	7,36 0,32 6,65	— — —	105,64 4,82 100	0,24	M _{0,24} — $\frac{\text{HCO}_3 93}{\text{Ca } 59 \text{ Mg } 34}$
Дер. Лемень Краснопольского р-на, II надпойменная терраса р. Сожа	7/VI 1961 г.	3,2—5,2	2,94	3,0	8,0	мг/л мг·экв мг·экв %	183,0 3,0 94,46	7,0 0,14 4,27	5,14 0,14 4,27	146,34 3,28 100	48,2 2,41 73,48	6,46 0,53 16,16	7,82 0,34 10,36	1,28 — —	66,16 3,28 100	0,17	M _{0,17} — $\frac{\text{HCO}_3 94}{\text{Ca } 73 \text{ Mg } 16 \text{ Na } 10}$
Дер. Березка Гомельского р-на, I надпойменная терраса р. Сожа	—	8,3—11,3	1,48	1,4	6,8	мг/л мг·экв мг·экв %	109,8 1,4 82,35	4,53 0,09 5,3	7,56 0,21 12,35	121,89 1,7 100	27,55 1,25 72,67	2,79 0,23 13,37	5,0 0,22 12,79	— — —	35,74 1,72 100	0,1	M _{0,1} — $\frac{\text{HCO}_3 82 \text{ Cl } 12}{\text{Ca } 73 \text{ Mg } 13 \text{ Na } 13}$
Дер. Галашево Брестского р-на, I надпойменная терраса р. Зап. Буга	9/VI 1959 г.	5,0—8,08	1,43	—	5,8	мг/л мг·экв мг·экв %	79,3 1,3 77,38	8,64 0,18 10,71	7,09 0,20 11,91	95,03 1,68 100	24,64 1,23 73,21	2,43 0,20 11,91	5,75 0,25 14,88	— — —	20,6 1,10 100	0,1	M _{0,1} — $\frac{\text{HCO}_3 77 \text{ Cl } 12 \text{ SO}_4 11}{\text{Ca } 73 \text{ Na } 15 \text{ Mg } 12}$
Дер. Осинское Мозырского р-на, I надпойменная терраса р. Уборть	29/X 1961 г.	15,8—18,8	0,89	0,70	6,4	мг/л мг·экв мг·экв %	42,7 0,70 68,63	4,11 0,08 7,84	8,57 0,24 23,53	55,38 1,02 100	11,76 0,58 52,73	3,82 0,31 28,18	2,3 0,10 9,09	1,72 0,06 5,45	20,6 1,10 100	0,1	M _{0,1} — $\frac{\text{HCO}_3 69 \text{ Cl } 24}{\text{Ca } 53 \text{ Mg } 28}$

7 м. Гидрогеологические данные по разведочным скважинам, вскрывшим воду в древнеаллювиальных отложениях, приведены в табл. 9.

В южных районах Гомельской и Брестской областей, в пределах поймы и первой надпойменной террасы р. Припяти, водоупорные морены в большинстве случаев размыты, в связи с чем древнеаллювиальные и флювиогляциальные отложения образуют здесь единый водоносный горизонт, залегающий на неогеновых и палеогеновых отложениях, как правило водоносных. Производительность скважин, получающих воду из этого водоносного горизонта, колеблется от 15 до 99 м³/час, при понижении статического уровня воды на 2—23 м. Глубина скважин — 30—40 м.

На отдельных участках в долинах рек воды древнеаллювиальных отложений могут быть рекомендованы для водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий.

Водоносный горизонт надвалдайских флювиогляциальных отложений (fgl_сQ_{III}v)

Этот водоносный горизонт приурочен к флювиогляциальным отложениям, покрывающим валдайскую морену, и распространен только на севере Белоруссии — в районе Полоцка, Дисны, Дриссы и Шарковщины, к югу и юго-западу от Мяделя и восточнее Богушевска и Городка.

Водовмещающие породы представлены преимущественно песками разной крупности и сортировки. Пески на отдельных участках содержат включения гравия, гальки и валунов. Крупно- и разнотернистые пески с различным содержанием гравия, гальки и валунов наиболее широко распространены вблизи конечных морен. В толще песков нередко встречаются линзы супесей, суглинков и глин, а также линзы песчано-гравийного материала. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород в зависимости от их гранулометрического состава изменяется от 2,0 до 28,2 м/сутки.

Мощность надвалдайских флювиогляциальных отложений изменяется от нескольких метров до 19 м и более. Максимальная их мощность отмечается в районе г. пос. Полоцка. Воды в этих отложениях залегают на глубине 1—15 м. Они довольно широко эксплуатируются сельским населением с помощью срубовых колодцев. Дебит колодцев обычно равен 0,2—2 м³/час при понижении уровня воды на 1—1,5 м. В табл. 11 приведены основные гидрогеологические данные по разведочным скважинам, вскрывшим воду в надвалдайских флювиогляциальных отложениях.

Качество воды вне пределов населенных пунктов удовлетворительное. Содержание в воде железа на отдельных участках достигает 3 мг/л, реже 15 мг/л. Общая жесткость воды колеблется от 2,8 до 12,42 мг·экв, общая минерализация (табл. 12).

Таблица 11

Основные гидрогеологические данные по водоносным горизонтам надвалдайских, надмосковских и надднепровских флювиогляциальных отложений

Местонахождение скважины	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания статического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	поп. ур., м (знаменатель)	

Водоносный горизонт надвалдайских флювиогляциальных отложений ($iglsQ_{IIIv}$)

Дер. Беляны Полоцкого р-на	$\frac{11,25}{145,0}$	2,5	142,5	4,7	0,26	144,74	$\frac{0,07}{1,0}$	0,07
Дер. Экимань Полоцкого р-на	$\frac{10,25}{120,0}$	7,05	112,95	6,75	7,05	112,95	$\frac{0,18}{1,0}$	0,18
Дер. Урлик Мядельского р-на	$\frac{4,5}{180,76}$	1,0	179,76	2,10	1,0	179,76	$\frac{2,0}{1,5}$	1,3

Водоносный горизонт надмосковских флювиогляциальных отложений ($iglsQ_{IIm}$)

Город Минск (Ботанический сад)	$\frac{5,7}{203,15}$	1,35	201,80	2,35	1,25	201,90	$\frac{0,6}{2,5}$	0,24
Дер. Драпиха Чаусского р-на	$\frac{7,0}{146,5}$	2,0	144,5	1,0	1,0	145,5	$\frac{0,48}{1,5}$	0,3
Дер. Старинка Краснопольского р-на	$\frac{15,0}{143,0}$	11,2	131,8	3,8	6,75	136,25	$\frac{0,3}{2,0}$	0,15
Дер. Либертполь Пружанского р-на	$\frac{9,4}{170,0}$	0,55	169,45	8,85	0,55	169,45	$\frac{0,65}{1,0}$	0,65
Дер. Подбелы Каменецкого р-на	$\frac{11,8}{155,35}$	5,60	149,75	6,2	4,6	150,75	$\frac{0,07}{1,0}$	0,07

Водоносный горизонт надднепровских флювиогляциальных отложений ($iglsQ_{IIndn}$)

Дер. Видомля Каменецкого р-на	$\frac{10,2}{144,88}$	2,0	142,83	6,2	0,35	144,53	$\frac{0,83}{1,1}$	0,78
Дер. Немержа Дрогичинского р-на	$\frac{16,0}{148,8}$	0,85	147,95	8,62	0,8	148,0	$\frac{0,25}{1,8}$	0,14
Дер. Староселье Дрогичинского р-на	$\frac{20,0}{155,8}$	2,15	153,65	5,10	2,0	153,8	$\frac{1,94}{2,10}$	0,97
В 1,8 км на юго-запад от оз. Ореховского Брестского р-на	$\frac{8,0}{159,5}$	—	—	5,5	—	—	$\frac{0,5}{1,0}$	0,5

При отсутствии верхнего водоупорного горизонта эти воды легко подвержены поверхностному источнику загрязнения.

Водоносный горизонт валдайских конечноморенных отложений ($glQ_{III}v$)

Эти воды имеют ограниченное распространение и встречаются только в северных районах Витебской области: в верхней части бассейнов правых притоков р. Дисны (Свентянская гряда), в районе г. Лепеля и в верхней части бассейнов левых притоков Зап. Двины юго-западнее г. Витебска, а также в ряде других пунктов. В этих районах воды валдайских конечноморенных отложений обычно эксплуатируются для хозяйственно-питьевых целей с помощью глубоких колодцев, дебит которых не превышает $2,5 \text{ м}^3/\text{час}$ при столбе воды 1,5—2 м. В районе Городка, Ушачей и других пунктов эти воды эксплуатируются небольшим количеством скважин глубиной 35—45 м. Их дебит равен $2,7\text{—}5 \text{ м}^3/\text{час}$, редко достигает $10 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды на 10—15 м. Вода удовлетворительного качества. Водовмещающие породы представлены песчаным и песчано-гравелистым материалом. Мощность обводненных пород среди конечноморенных образований изменяется от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров.

Воды спорадического распространения в относительно водоупорных валдайских моренных отложениях ($glQ_{III}v$)

Моренные отложения в основном представлены супесями и суглинками. Обводненность этих отложений связана только с отдельными линзами и прослойками песка и песчано-гравийного материала в моренной толще или с ее опесчаненными участками. В распределении обводненных песчаных линз и прослоек в толще морены отсутствует какая-либо закономерность, вследствие чего в пределах даже одного небольшого участка наблюдается большое различие в глубине залегания уровня воды. В большинстве случаев воды внутриморенных песчаных линз и прослоек обладают напором, величина которого на отдельных участках достигает 20 м.

Валдайская морена имеет распространение только в северных районах Витебской области и обычно залегает под покровными флювиогляциальными отложениями, но нередко выходит на поверхность. Мощность ее изменяется от нескольких метров до 60 м, а мощность обводненных внутриморенных песчаных линз и прослоек — от нескольких десятков сантиметров до 3,5—5 м и более.

В Витебской области многие мелкие населенные пункты в Глубокском, Лепельском, Браславском, Витебском, Городокском и других районах обеспечиваются водой, содержащейся в моренных отложениях валдайского оледенения, с помощью колодцев глубиной 10—15 м и реже скважин. Дебит колодцев колеблется в пределах $0,5\text{—}1 \text{ м}^3/\text{час}$ при столбе воды 1,3—1,5 м. Глубина скважин 25—45 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах залегает на глубине от 1 до 20 м и более, дебит их колеблется в пределах $5\text{—}9 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды на 6—10 м. Качество воды удовлетворительное. Содержание в воде железа обычно колеблется в пределах от следов до $0,3 \text{ мг/л}$.

Водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений ($fgl_{III+II}v+m$)

Этот водоносный горизонт залегает между моренами валдайского и московского оледенений. Граница распространения валдайского оледенения проходит севернее Сморгони, Вилейки, Докшиц, Холопеничей,

Таблица 12

Химический состав подземных вод водоносных горизонтов надвалдайских, надмосковских и надднепровских флювиогляциальных отложений

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-марн.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Водоносный горизонт надвалдайских флювиогляциальных отложений (fgl _s Q _{IIIv})																	
Дер. Беляны Полоцкого р-на	17/X 1961 г.	1,95	11,92	11,92	7,1	мг/л	494,1	80,65	162,58	948,76	166,72	43,78	83,03	—	393,73	1,1	M _{1,1} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 26}{\text{Ca } 46 \text{ Mg } 20 \text{ (Na+K) } 20}$
						мг·экв	8,1	1,68	4,60	17,78	8,32	3,6	3,61	—	18,09		
						мг·экв %	45,56	9,45	25,87	100	45,98	19,92	19,95	—	100		
Дер. Экимайя Полоцкого р-на	14/VII 1960 г.	8,05	12,42	12,42	8,0	мг/л	539,85	66,6	134,9	489,646	143,8	63,8	14,122	1,92	273,582	0,82	M _{0,82} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 26}{\text{Ca } 50 \text{ Mg } 37}$
						мг·экв	8,85	1,387	3,807	13,34	7,177	5,247	0,614	—	14,34		
						мг·экв %	61,7	9,7	26,5	100	50	36,6	4,3	—	100		
Дер. Урлик Мядельского р-на	10/VI 1960 г.	3,58	2,80	2,80	6,4	мг/л	152,5	8,23	7,99	177,65	44,08	7,29	4,6	—	56,37	0,17	M _{0,17} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 26}{\text{Ca } 73 \text{ Mg } 20}$
						мг·экв	2,49	0,17	0,22	3,02	2,2	0,6	0,2	—	3,02		
						мг·экв %	82,45	5,63	7,28	100	72,84	19,87	6,63	—	100		
Водоносный горизонт надмосковских флювиогляциальных отложений (fgl _s Q _{III m})																	
Город Минск (Ботанический сад)	—	1,69—3,69	3,79	1,03	6,3	мг/л	176,9	348,95	6,86	532,71	150,53	35,99	4,16	—	193,28	0,71	M _{0,71} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ SO}_4 \text{ Cl } 26}{\text{Ca } 68 \text{ Mg } 29}$
						мг·экв	2,9	7,27	0,19	10,36	6,83	2,96	0,17	—	10,05		
						мг·экв %	27,99	70,18	1,83	100	67,97	29,46	1,69	—	100		
Дер. Драпиха Чауского р-на	20/XI 1960 г.	3,8—5,0	0,63	0,39	6,2	мг/л	24,40	10,28	5,05	47,11	8,40	2,56	5,52	—	16,58	0,08	M _{0,08} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ SO}_4 \text{ Cl } 16}{\text{Ca } 48 \text{ (Na+K) } 28 \text{ Mg } 24}$
						мг·экв	0,40	0,21	0,14	0,87	0,42	0,21	0,24	—	0,87		
						мг·экв %	45,98	24,14	16,09	100	48,28	24,13	27,59	—	100		
Дер. Старинка Краснопольского р-на	16/VI 1961 г.	9,53—11,63	3,67	3,30	7,6	мг/л	201,3	25,51	27,44	342,85	54,6	11,46	79,34	—	146,0	0,45	M _{0,45} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 13}{\text{Ca } 45 \text{ (Na+K) } 39 \text{ Mg } 16}$
						мг·экв	3,30	0,58	0,77	6,02	2,73	0,94	2,35	—	6,02		
						мг·экв %	54,82	8,80	12,79	100	45,35	15,61	39,04	—	100		
Дер. Либертполь Пружанского р-на	7/IV 1961 г.	3,76—6,45	1,90	1,11	6,3	мг/л	67,1	3,68	8,4	79,18	31,08	4,34	2,3	—	38,47	0,16	M _{0,16} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ SO}_4 \text{ Cl } 12}{\text{Ca } 77,5 \text{ Mg } 17,5}$
						мг·экв	1,1	0,66	0,24	2,0	1,55	0,35	0,1	—	2,0		
						мг·экв %	53,0	33,0	12,00	100	77,5	17,5	5,0	—	100		
Дер. Подбелы Каменецкого р-на	27/III 1959 г.	6,93—8,93	3,23	3,23	6,3	мг/л	170,8	7,41	8,79	200,41	58,69	3,65	3,37	—	166,71	0,18	M _{0,18} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 26}{\text{Ca } 86}$
						мг·экв	2,80	0,15	0,25	3,42	2,93	0,30	0,19	—	3,42		
						мг·экв %	81,85	4,39	7,32	100	85,66	8,78	5,56	—	100		
Водоносный горизонт надднепровских флювиогляциальных отложений (fgl _s Q _{III dn})																	
Дер. Видомля Каменецкого р-на	31/III 1960 г.	1,55—2,86	1,8	1,8	7,0	мг/л	109,8	8,0	3,5	121,3	32,0	2,4	6,2	—	40,6	0,11	M _{0,11} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 19}{\text{Ca } 77 \text{ (Na+K) } 13}$
						мг·экв	1,80	0,17	0,10	2,07	1,60	0,2	0,27	—	2,07		
						мг·экв %	87,0	8,2	4,8	100	77,3	9,7	13,0	—	100		
Дер. Немержа Дрогичинского р-на	12/IV 1958 г.	1,5—4,0	0,77	0,77	6,2	мг/л	48,8	3,29	7,25	59,34	11,59	2,43	2,3	1,87	20,29	0,08	M _{0,08} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 19}{\text{Ca } 55 \text{ Mg } 19}$
						мг·экв	0,80	0,06	0,20	1,06	0,57	0,20	0,10	0,06	1,04		
						мг·экв %	75,47	5,66	18,87	100	54,81	19,23	9,61	5,77	100		
Дер. Староселье Дрогичинского р-на	13/IV 1957 г.	3,8—7,10	0,65	0,40	5,8	мг/л	24,4	4,93	8,51	37,84	9,51	2,30	2,80	—	14,01	0,04	M _{0,04} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 32 \text{ SO}_4 \text{ Cl } 14}{\text{Ca } 61 \text{ Mg } 23 \text{ (Na+K) } 16}$
						мг·экв	0,40	0,10	0,24	0,74	0,47	0,18	0,12	—	0,77		
						мг·экв %	54,06	13,51	32,43	100	61,04	23,38	15,58	—	100		
В 1,8 км на юго-запад от оз. Ореховского Брестского р-на	11/VIII 1960 г.	1,2—3,7	4,0	4,0	6,0	мг/л	524,6	—	21,3	545,9	74,0	3,66	110,17	2,0	198,23	0,05	M _{0,05} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ Cl } 19}{(\text{Na+K) } 51 \text{ Ca } 41}$
						мг·экв	8,6	—	0,6	9,2	3,7	0,3	4,79	0,11	9,2		
						мг·экв %	93,6	—	6,5	100	41,3	3,2	51,0	1,2	100		

Орши и Дубровно. К северу от этой границы валдайско-московский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт имеет широкое региональное распространение, являясь первым от поверхности напорным горизонтом. В долинах рек валдайская водоупорная морена в большинстве случаев размыта и водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений питает своими водами открытые водотоки.

Водовмещающие породы представлены преимущественно песками от мелко- до крупнозернистых с различным содержанием гравия и мелких галек. В толще песков нередко встречаются прослой и линзы глин, суглинков, супесей, гравия и погребенных торфяников. Как по площади распространения, так и по мощности пески не выдержаны в своем гранулометрическом составе, что обуславливает различие в водообильности отдельных участков водоносного горизонта. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород, по данным опытных откачек, изменяется от 1,7 до 15—17 *м/сутки*, достигая иногда 30—50 *м/сутки*. Мощность водоносного горизонта невыдержанная и обычно колеблется от 10 до 30 м и более.

Глубина скважин, вскрывающих водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений, 23—71 м. Она на многих участках определяется не только рельефом местности, но и глубиной залегания и мощностью валдайской морены. Напорный уровень воды в скважинах устанавливается на 2—30 м ниже поверхности земли.

Производительность скважин обычно колеблется от 6 до 16 *м³/час* при понижении напорного уровня на 2—3 м. Данные по скважинам, эксплуатирующим водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений, приведены в табл. 13.

Качество воды удовлетворительное. Содержание в воде железа колеблется от следов до 1,95 *мг/л*, достигая на отдельных участках 35 *мг/л* (Полоцк). Вода из скважин, вскрывших в толще межморенных отложений прослойки погребенных торфяников, имеет повышенную окисляемость, а также значительное содержание аммиака и железа.

Водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений благодаря сравнительно высокой водообильности, неглубокому залеганию и удовлетворительному качеству воды является для многих северных районов БССР одним из основных источников водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий. Он эксплуатируется большим количеством скважин на территории Витебской области, где водоснабжение городов и городских поселков Езерища, Браслава, Дисны, Полоцка, Шарковщины, Шумилино, Постава, Глубокое, Ушачей, Уллы, Лепеля и Сенно полностью или частично обеспечивается за счёт этих вод. Кровля водоносного горизонта залегает на глубине 14—40 м и реже более. Водосодержащие породы представлены чаще всего мелкозернистыми и разномзернистыми песками, реже средне- и крупнозернистыми, гравелистыми. Мощность песков колеблется в пределах 10—27 м. Производительность скважин достигает 40 *м³/час* при понижении уровня на 15 м. Отсутствие выдержанного верхнего водоупорного слоя (морены) приводит на отдельных участках к загрязнению этих вод.

Водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений может быть рекомендован в качестве одного из основных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Таблица 13

**Основные гидрогеологические данные по водоносным горизонтам
валдайско-московских, московско-днепровских, днепровско-березинских
и подберезинских флювиогляциальных отложений**

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Водоносный горизонт валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений ($iglQ_{III+IV}+m$)								
Дер. Мялка Браславского р-на	$\frac{174,5}{145,0}$	46,0	128,5	6,0	0,0	174,5	Нет сведений	Нет сведений
Г. пос. Видзы Браславского р-на	$\frac{526,8}{140,0}$	43,0	97,0	41,55	4,0	136,0	$\frac{5,8}{10}$	0,58
Водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений ($iglQ_{II}+m+dn$)								
Ст. Кулевщина Глубокского р-на	$\frac{140,0}{200,0}$	100,0	100,0	12,0	15,0	185,0	$\frac{35,8}{25}$	1,43
Город Бегомль Глубокского р-на	$\frac{30,5}{190,0}$	6,5	183,5	24,1	6,0	184,0	$\frac{10,0}{2,0}$	5,0
Дер. Динаровка Минского р-на	$\frac{120,5}{183,1}$	28,5	154,6	33,1	0,95	182,15	$\frac{4,6}{10,15}$	0,43
Дер. Орля Щучинского р-на	$\frac{61,0}{120,0}$	43,0	77,0	18,0	5,5	115,5	$\frac{9,5}{3}$	3,2
Дер. Борки Пружанского р-на	$\frac{119,6}{158,02}$	60,4		22,05	+0,09	158,11	$\frac{2,6}{6,0}$	0,43
Дер. Страковичи Светлогорского р-на	$\frac{45,0}{133,41}$	10,5	122,91	13,2	1,87	131,54	$\frac{57,9}{6,99}$	8,25
Водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений ($iglQ_{II+I}+dn+br$)								
Дер. Белковщина Сморгоньского р-на	$\frac{155,0}{182,0}$	62,8	113,2	4,6	6,2	175,8	$\frac{5,72}{9,0}$	0,63
Г. пос. Березино Червенского р-на	$\frac{52,6}{156,0}$	42,0	114,0	5,67	16,0	140,0	$\frac{5,5}{3,0}$	1,8
Дер. Высокое Климовичского р-на	$\frac{12,0}{176,7}$	4,75	171,95	7,5	4,75	171,95	$\frac{0,25}{1,77}$	0,12
Дер. Плоский Пинского р-на	$\frac{36,5}{153,6}$	16,8	136,8	5,8	6,23	147,37	$\frac{3,9}{3}$	1,3
Дер. Красная Слобода Светлогорского р-на	$\frac{17,0}{133,87}$	3,75	130,12	14,05	1,27	132,6	$\frac{1,26}{1,33}$	1,0
Дер. Семеновщина Дрогичинского р-на	$\frac{19,0}{152,35}$	0,5	151,85	8,3	0,24	152,11	$\frac{0,25}{1,0}$	0,25
Дер. Синкевичи Лунинецкого р-на	$\frac{22,0}{131,69}$	2,25	131,44	19,75	2,11	129,58	$\frac{18,0}{2,85}$	6,3

Продолжение табл. 13

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит $\text{м}^3/\text{час}$ (числитель)	Удельный дебит, $\text{м}^3/\text{час}$
	абс. огм. устья скв., м (знаменатель)	от по-верхн. земли	абс. отм. кровли		от по-верхн. земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	

Водоносный горизонт подберезинских флювиогляциальных отложений ($fgl_1 Q_{1br}$)

Город Береза Березовского р-на	$\frac{24,6}{146,35}$	20,2	126,42	4,4	0,71	145,64	$\frac{2,38}{2,0}$	1,19
Хут. Яглиново Кобринского р-на	$\frac{34,0}{146,12}$	22,4	123,72	6,6	1,64	144,48	$\frac{7,2}{1,64}$	4,4
Ст. Влодова Брестского р-на	$\frac{11,5}{168,0}$	4,4	163,6	7,10	1,89	166,11	$\frac{0,04}{1,0}$	0,04

Водоносный горизонт надмосковских флювиогляциальных отложений ($fgl_2 Q_{II}$)

Описываемый водоносный горизонт распространен в центральных и западных районах Белоруссии. Особенно широко он развит в восточных районах Минской и западных районах Могилевской областей (западнее Бельиничей и Быхова).

Мощность надмосковских флювиогляциальных отложений изменяется здесь в широких пределах и достигает 17 м и более. Глубина залегания уровня воды 2—12 м. Водовмещающие породы представлены преимущественно мелкозернистыми песками, нередко средне- и крупнозернистыми с примесью того или иного количества гравия и гальки.

В Минской области водоснабжение крупных населенных пунктов: Холопеничей, Заславля, Жодино, Червения, Уречья и других — частично обеспечивается за счет использования водоносного горизонта надмосковских флювиогляциальных отложений с помощью скважин глубиной 20—25 м. Статический уровень воды в этих скважинах устанавливается на глубине 10—16 м, реже 2—3 м ниже поверхности земли. Дебит скважин при откачках составляет 9—17 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении статического уровня воды на 6—8 м.

В Гродненской области эти воды небольшим количеством скважин эксплуатируются для водоснабжения г. Слонима, г. пос. Порозово, а также других населенных пунктов. Глубина скважин 16—23 м, статический уровень воды устанавливается на глубине 1,5—2 м, реже 16 м ниже поверхности земли. Водовмещающие породы представлены мелко- и среднезернистыми песками, нередко гравелистыми или глинистыми мощностью 13—17 м. Дебит скважин колеблется в пределах от 2,5 до 10,8 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении статического уровня воды на 1,5—3,5 м. Гидрогеологические данные по разведочным скважинам, вскрывшим водоносный горизонт надмосковских флювиогляциальных отложений, приводятся в табл. 11.

По своему качеству воды описываемого водоносного горизонта близки к водам водоносного горизонта надвалдайских флювиогляциальных отложений (см. табл. 12). В пределах населенных пунктов они также подвержены поверхностному загрязнению. При соблюдении правил санитарной охраны этот водоносный горизонт может быть рекомендован для хозяйственно-питьевого водоснабжения небольших населенных пунктов.

Водоносный горизонт московских конечноморенных отложений ($glQ_{II} m$)

Водоносный горизонт встречен в районе Волковыска, Новогрудка, Копыля, Минска и других пунктов в пределах Белорусской гряды и ее отрогов, сложенных разнородными песками с гравием, неотсортированным гравийно-валунным материалом, валунными суглинками и супесями, с линзами и гнездами тонкослоистых песков и глин. Общая мощность конечноморенных образований достигает 100 м и более. Их характерной особенностью является довольно быстрая смена участков, обладающих высокой водообильностью, бедных водой и практически безводных. Пестрота строения обуславливает различие в глубине залегания уровня воды в пределах даже одного небольшого участка. На отдельных участках воды московского конечноморенных образований обладают напором благодаря наличию среди обводненных пород линз и пропластков супесей, суглинков и глин.

Воды московских конечноморенных образований во многих районах их распространения эксплуатируются скважинами и колодцами для хозяйственно-питьевых целей. В пределах Гродненской области они залегают на глубине от 7 до 30 м и более. Глубина эксплуатационных скважин составляет 30—50 м, их дебит колеблется от 6 до 10 м³/час при понижении уровня воды на 2—10 м. В долине р. Лососно эти воды образуют источники нисходящего типа. На территории Минской области (Минский, Копыльский и другие районы) глубина эксплуатационных скважин колеблется от 35 до 95 м; статический уровень воды устанавливается в них на глубине 7—74 м, дебит скважин колеблется от 1,5 до 22,7 м³/час при понижении уровня воды на 1—7 м.

На других участках распространения этих вод статический уровень воды в скважинах устанавливается ниже поверхности земли на 18—30 м и более. Производительность скважин 0,61—15,1 м³/час при понижении уровня воды на 3—7 м.

Качество воды удовлетворительное. Вода прозрачная, бесцветная, без запаха и обычно без осадка. Содержание железа в воде редко превышает 2 мг/л.

Описываемый водоносный горизонт может быть рекомендован для сельского водоснабжения при соблюдении правил санитарной охраны.

Воды спорадического распространения в относительно водоупорных московских моренных отложениях ($glQ_{II} m$)

Моренные отложения московского оледенения особенно широко распространены в центральных районах БССР, где они обычно или выходят на поверхность, или прикрыты покровными флювиогляциальными отложениями. В пределах Гродненского, Волковысского, Свислочского, Слонимского и Новогрудского районов Гродненской области, Барановичского района Брестской области и Минского, Логойского, Молодечненского, Дзержинского, Столбцовского, Несвижского и Копыльского районов Минской области эти отложения большей частью выходят на поверхность. Непосредственно к поверхности они также залегают на участке, расположенном к северу от г. Гомеля по правобережью р. Сожа и на ряде других более мелких участков.

Гидрогеологические условия и литологические особенности моренных отложений московского оледенения аналогичны моренным отложениям других оледенений (валдайского, днепровского и березинского). Для них характерно спорадическое распределение в моренной толще

обводненных участков, приуроченных к внутриморенным песчаным линзам и прослойкам или к опесчаненным разностям морены.

Населенные пункты (деревни), расположенные на участках выхода моренных отложений московского оледенения на дневную поверхность, обеспечиваются водами этих же отложений с помощью колодцев и скважин. Глубина колодцев — 10—26 м и более, производительность — от 0,5 до 5 м³/час при столбе воды 1,25—1,5 м. Уровни воды в колодцах подвержены резким сезонным колебаниям. В засушливые годы многие колодцы пересыхают. Глубина скважин, эксплуатирующих эти воды, составляет 30—60 м, их производительность колеблется в пределах 0,5—10 м³/час при понижении уровня воды на 8—10 м. Статический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 1—20 м и более ниже поверхности земли. Вода удовлетворительного качества.

Водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений ($fg|Q_{II} m + dn$)

Этот водоносный горизонт имеет весьма широкое распространение в пределах центральных и западных районов БССР. От границы валдайского оледенения на севере Белоруссии водоносный горизонт широкой полосой прослеживается на юг до границы, проходящей по линии Высокое, Пружаны, Красная Слобода, Любань, Славгород. В пределах всей этой площади водоносный горизонт является первым от поверхности напорным горизонтом.

На севере Белоруссии в области распространения валдайских ледниковых отложений он погружается на большую глубину. На многих участках разделяющие водоупорные морены размыты и водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений сливается с водоносным горизонтом валдайско-московских межморенных флювиогляциальных отложений, или с грунтовыми водами покровных флювиогляциальных и аллювиальных отложений, или с нижележащим водоносным горизонтом днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений. В долинах рек центральных областей республики верхняя (московская) морена обычно размыта и описываемый водоносный горизонт дренируется реками. Гранулометрический состав водовмещающих пород водоносного горизонта московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений, характеризуется преобладанием мелко-и среднезернистых песков с различным содержанием гравия и мелких галек. Мощность песков изменяется от 10 до 57 м и более. Их коэффициент фильтрации, по данным опытных откачек, колеблется в весьма больших пределах — от нескольких до 50 м/сутки. Дебит скважин соответственно колеблется от 5 до 85 м³/сутки при понижении уровня воды на 5—20 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 0,1—50,4 м от поверхности земли (см. табл. 13).

Общая минерализация воды не превышает 0,53 г/л, содержание железа колеблется от следов до 1,76 мг/л, нередко достигая 3,5 мг/л и более, в связи с чем в осадке нередко наблюдаются хлопья гидроксидов железа. Солевой состав воды скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений, приведен в табл. 14. Высокое содержание железа наблюдается в скважинах вскрывающих среди обводненных песков погребенные торфяники.

Водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений для многих районов БССР является основ-

ным источником хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

Эксплуатируется этот водоносный горизонт большим количеством скважин на площади всех районов Минской и Гродненской областей. На территории Минской области глубина скважин, эксплуатирующих данный водоносный горизонт, составляет 30—60 м, достигая на участке развития конечноморенных отложений 70—95 м и более (район Логойска, Воложина, Минска, Дзержинска, Смолевичей, Березино, Узды, Копыля, Клецка). Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 3—25 м и на повышенных участках 35—48 м ниже поверхности земли. Часть скважин дает самоизливающуюся воду (уровень воды на 2,5 м выше поверхности земли в скважине дер. Малиновщина Молодечненского района и других пунктах). Дебит скважин достигает 36—65 м³/час при понижении уровня воды на 12 м. Содержание в воде железа достигает 3,5 мг/л, а на отдельных участках 10—17 мг/л (Копыль, Минск).

Почти все города и крупные населенные пункты Минской области, в том числе и сам Минск, обеспечиваются полностью или частично за счет использования вод рассматриваемого водоносного горизонта. Его кровля залегает обычно на глубине 15—30 м, реже 40—60 м и более. Водовмещающие породы представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми и разномзернистыми песками. Пески обычно содержат в разном количестве гравий и мелкую гальку. Мощность обводненных песков изменяется от 14 до 25 м, достигая на отдельных участках 35—54 м и более.

Воды рассматриваемого горизонта широко эксплуатируются на территории Гродненской области с помощью скважин глубиной обычно 30—60 м. На участках распространения конечноморенных отложений глубина скважин достигает 86—149 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах в большинстве случаев устанавливается на глубине от 2 до 10 м ниже поверхности земли, а на возвышенных участках на глубине 35 м и более.

Дебит скважин изменяется от 8 до 30 м³/час при понижении уровня воды на 9 м. Нередко дебит отдельных скважин не превышает 9 м³/час при понижении уровня воды на 25—33 м (г. Новогрудок). Содержание в воде железа достигает 3,2 мг/л и на отдельных участках 10,6—12,8 мг/л.

Крупные населенные пункты и районные центры Гродненской области: Островец, Ошмяны, Сморгонь, Кореличи, Мир, Дятлово, Россь, Зельва, Альбертин и другие — получают воду для хозяйственно-питьевых и технических целей из водоносного горизонта московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений. Кровля водоносного горизонта залегает на глубине 20—40 м и более. Водовмещающие породы представлены в основном мелкозернистыми, часто глинистыми песками, реже песками средне- и крупнозернистыми. Пески нередко содержат в разном количестве гравий и мелкую гальку. Мощность песков обычно равна 10—20 м, достигая на отдельных участках 37 м и более. Дебит скважин изменяется в больших пределах и всецело зависит от гранулометрического состава водовмещающих пород. В пределах одного и того же населенного пункта встречаются скважины с расходом 12—30 м³/час, при понижении уровня воды на 1—2 м и малодобитные — 5—11 м³/час, при понижении уровня воды на 10—24 м. Обычная производительность скважин 12—18 м³/час при понижении уровня воды на 4—9 м.

На территории Могилевской области водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений широко

Таблица 14

Химический состав подземных вод водоносных горизонтов московско-днепровских, днепровско-березинских и подберезинских флювиогляциальных отложений

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-марн.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений (IglQ _{II} m+dn)																	
Ст. Крулевщина Глубокского р-на	10/XII 1955 г.	134,0	5,3		7,7	мг/л	373,1	16,43	10,0	399,53	78,16	16,78	39,1		134,04	0,53	M _{0,53} $\frac{\text{HCO}_3 91}{\text{Ca } 58 (\text{Na} + \text{K}) 22 \text{ Mg } 20}$
						мг·экв	6,11	0,34	0,28	6,73	3,90	1,38	1,46	6,73			
						мг·экв %	90,7	5,1	4,2	100	57,9	20,5	21,7	100			
Город Бегомль Глубокского р-на	9/VII 1959 г.	30,6	1,77			мг/л	94,58	Сл.	2,2	96,78	25,9	5,8	—	0,17	31,87	0,1	M _{0,1} $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca } 73 \text{ Mg } 28}$
						мг·экв	1,55	—	0,06	1,61	1,29	0,48	—	0,01	1,78		
						мг·экв %	96,2	—	3,8	100	72,5	27,5	—	—	100		
Дер. Динаровка Минского р-на	30/VIII 1961 г.	49,5—53,5	3,68	3,68	6,6	мг/л	225,7	7,81	8,37	241,88	47,9	15,8	9,43	—	73,13	0,22	M _{0,22} $\frac{\text{HCO}_3 91}{\text{Ca } 58 \text{ Mg } 32}$
						мг·экв	3,7	0,16	0,23	4,09	2,38	1,3	0,41	—	4,02		
						мг·экв %	90,47	3,91	5,62	100	58,16	31,79	10,05	—	100,0		
Дер. Орля Щучинского р-на	22/V 1958 г.	55—59,9	5,31	5,31	6,9	мг/л	329,4	0,82	3,57	333,8	73,41	20,0	2,3	1,76	97,74	0,32	M _{0,32} $\frac{\text{HCO}_3 98}{\text{Ca } 67 \text{ Mg } 33}$
						мг·экв	5,4	0,02	0,1	5,52	3,66	1,65	0,1	0,06	5,49		
						мг·экв %	97,8	0,4	1,8	100,0	66,6	33,1	0,2	0,1	100,0		
Дер. Борки Пружанского р-на	25/XI 1960 г.	69,25—73,3	5,0	4,6		мг/л	280,6	Нет	5,05	285,7	69,82	13,66	3,22	—	93,0	0,24	M _{0,24} $\frac{\text{HCO}_3 97}{\text{Ca } 73 \text{ Mg } 24}$
						мг·экв	4,6	—	0,14	4,74	3,48	1,12	0,14	—	4,74		
						мг·экв %	97,05	—	2,95	100,0	73,43	23,62	2,95	—	100,0		
Дер. Страковичи Светлогорского р-на	31/VIII 1962 г.	16,7—26,8	1,05	0,98	6,9	мг/л	61,0	15,64	3,94	80,58	18,46	1,58	8,74	—	28,78	0,08	M _{0,08} $\frac{\text{HCO}_3 69 \text{ SO}_4 22}{\text{Ca } 64 (\text{Na} + \text{K}) 27}$
						мг·экв	0,98	0,32	0,11	1,41	0,92	0,13	0,38	—	1,43		
						мг·экв %	69,13	22,78	8,09	100,0	64,34	9,09	26,57	—	100,0		
Водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений (IglQ _{II} +dn+br)																	
Дер. Белковщина Сморгоньского р-на	9/IV 1957 г.	61,6—70,1	5,15			мг/л	328,79	4,12	5,28	338,19	82,41	12,67	11,04	1,0	107,42	0,3	M _{0,3} $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca } 73 \text{ Mg } 18}$
						мг·экв	5,39	0,09	0,15	5,62	4,11	1,04	0,48	—	5,6		
						мг·экв %	95,8	1,5	2,7	100,0	73,1	18,4	8,5	—	100,0		
Г. пос. Березино, Червенского р-на	10/XII 1943 г.	42—47,67	2,94	—	—	мг/л	176,9	15,2	4,1	196,2	43,6	9,2	8,92	—	63,29	0,14	M _{0,14} $\frac{\text{HCO}_3 87}{\text{Ca } 65 \text{ Mg } 23}$
						мг·экв	2,9	0,32	0,12	3,34	2,18	0,76	0,4	—	3,34		
						мг·экв %	86,8	9,6	3,6	100,0	65,3	22,7	12,0	—	100,0		
Дер. Высокое Климовичского р-на	26/XI 1960 г.	6—8,1	1,78	1,39	6,0	мг/л	85,4	11,11	13,48	109,99	27,2	1,73	5,29	—	34,92	0,18	M _{0,18} $\frac{\text{HCO}_3 70}{\text{Ca } 68 \text{ Mg } 21}$
						мг·экв	1,4	0,23	0,38	2,01	1,36	0,42	0,23	—	2,01		
						мг·экв %	69,65	11,44	18,91	100,0	67,66	20,9	11,44	—	100,0		
Дер. Плоский Пинского р-на	15/IV 1959 г.	3,7	1,61	1,39	6,8	мг/л	85,4	23,05	8,79	117,24	28,33	2,43	11,96	—	42,82	0,12	M _{0,12} $\frac{\text{HCO}_3 66}{\text{Ca } 66 \text{ Mg } 24}$
						мг·экв	1,4	0,48	0,25	2,13	1,41	0,2	0,52	—	2,13		
						мг·экв %	65,72	22,53	11,75	100,0	66,2	9,39	24,41	—	100,0		
Дер. Красная Слобода Светлогорского р-на	26/VI 1955 г.	10,1—12,1	2,14	2,40	7,0	мг/л	146,4	25,0	7,8	179,2	33,6	5,61	20,7	0,5	62,2	0,17	M _{0,17} $\frac{\text{HCO}_3 77}{\text{Ca } 54 (\text{Na} + \text{K}) 29}$
						мг·экв	2,4	0,52	0,22	3,14	1,68	0,46	0,9	—	3,14		
						мг·экв %	76,5	16,5	7,0	100,0	53,6	14,6	28,6	—	100,0		
Дер. Синкевичи Лунинецкого р-на	1951 г.	16,2—20,1	0,91	0,61	6,6	мг/л	36,6	23,05	8,79	68,44	14,16	2,43	9,66	3,51	29,96	0,08	M _{0,08} $\frac{\text{HCO}_3 45 \text{ SO}_4 36}{\text{Ca } 53 (\text{Na} + \text{K}) 32}$
						мг·экв	0,6	0,48	0,25	1,33	0,71	0,2	0,42	—	1,33		
						мг·экв %	45,11	36,09	18,8	100,0	53,38	15,04	31,58	—	100,0		
Водоносный горизонт подберезинских флювиогляциальных отложений (IglQ _I br)																	
Город Береза Березовского р-на	29/VIII 1961 г.	19,6—23,2	3,15	2,8	8,1	мг/л	170,8	26,74	10,29	207,83	52,4	6,46	11,27	—	70,13	0,2	M _{0,2} $\frac{\text{HCO}_3 77}{\text{Ca } 72 \text{ Mg } 15}$
						мг·экв	2,8	0,55	0,29	3,64	2,62	0,53	0,49	—	3,64		
						мг·экв %	76,92	15,11	7,97	100,0	71,98	14,56	13,46	—	100,0		
Хут. Яглиново Кобринского р-на	27/VII 1959 г.	25,28	1,37		6,3	мг/л	85,4	6,58	7,09	99,07	19,56	4,74	8,5	—	32,8	0,11	M _{0,11} $\frac{\text{HCO}_3 80}{\text{Ca } 56 \text{ Mg } 22}$
						мг·экв	1,4	0,14	0,2	1,74	0,98	0,39	0,37	—	1,74		
						мг·экв %	80,46	8,05	11,49	100,0	56,32	22,42	21,26	—	100,0		
Ст. Влодава Брестского р-на	8/VIII 1960 г.	2,25	1,3	1,0	6,2	мг/л	61,0	40,0	10,6	111,6	22,0	2,4	49,0	—	73,4	0,15	M _{0,15} $\frac{\text{HCO}_3 50 \text{ SO}_4 39}{\text{Ca } 52 (\text{Na} + \text{K}) 39}$
						мг·экв	1,0	0,83	0,3	2,13	1,1	0,2	0,83	—	2,13		
						мг·экв %	46,9	39,0	14,1	100,0	51,6	9,4	39,0	—	100,0		

распространен в западных районах области: в Бельничском, Шкловском, Могилевском и Бобруйском районах, являясь здесь одним из основных для обеспечения хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения. В остальных районах он или отсутствует, или имеет локальный характер распространения и эксплуатируется единичными выработками. Глубина скважин обычно находится в пределах 30—50 м, реже 65—77 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 5—25 м ниже поверхности земли. Дебит скважин обычно равен 10—15 м³/час, при понижении уровня воды на 2,5 м. Содержание в воде железа достигает 4,4 мг/л и на отдельных участках 6,4—9,2 мг/л.

Водоснабжение крупных населенных пунктов (Бельничей, Круглое, Шклова, Дрибина, Могилева, Мостка, Кличева, Кировска, Глуши, Глусска и Осиповичей) частично обеспечивается за счет вод рассматриваемого горизонта. Кровля обводненных пород (песков) залегает на глубине 25—45 м, реже 8—13 м. Водовмещающие породы представлены преимущественно мелко- и среднезернистыми песками, реже крупно- и разнотекстурными. На отдельных участках пески содержат в том или ином количестве гравий и мелкую гальку. Мощность песков изменяется от 7 до 20 м, редко достигает 35 м. Дебит скважин обычно не выходит за пределы 18—20 м³/час, при понижении уровня воды на 8—20 м.

В Брестской области описываемый водоносный горизонт широко распространен на территории Барановичского, Березовского, Каменецкого и в северной части Брестского и Кобринского районов, где он эксплуатируется наравне с другими водоносными горизонтами. На территории южной части Брестской области этот водоносный горизонт вскрывается скважинами на отдельных небольших участках.

Глубина скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений в Брестской области составляет, 30—55, реже 13—25 и 60—87 м. Напорный уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 2—18 м ниже поверхности земли. В г. пос. Высокое одна из скважин дала самоизливающуюся воду, пьезометрический уровень воды в ней установился на 2 м выше поверхности земли. Дебит скважин 7,2—20 м³/час, при понижении уровня воды на 5—8 м. Содержание в воде железа 0,1—0,7 мг/л, на отдельных участках достигает 1,5—2 мг/л.

Крупные населенные пункты (Городище, Ляховичи, Ружаны, Бытень, Ивацевичи, Коссово, Пружаны, Шерешево, Береза, Высокое, Каменец и др.) полностью или частично обеспечены водой за счет эксплуатации описываемого межморенного горизонта. Кровля водоносного горизонта залегает на глубине 12—35 м и на отдельных участках 53—74 м. Водовмещающие породы представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми песками, содержащими иногда гравий и мелкую гальку. Мощность песков изменяется от 6 до 30 м и более. Дебит скважин обычно колеблется от 9 до 12,2 м³/час при понижении уровня воды на 5—12 м.

В Гомельской области описываемый водоносный горизонт имеет небольшое распространение, охватывая только отдельные участки в пределах Рогачевского, Светлогорского, Речицкого и Мозырского районов, тогда как на остальной территории области вследствие отсутствия в большинстве случаев разделяющих морен он сливается в один общий горизонт с другими водоносными горизонтами. Глубина эксплуатационных скважин 20—45 м, реже достигает 76 м (район г. Мозыря), пьезометрический уровень в них устанавливается на глубине 5—21 м ниже поверхности земли. Водовмещающие породы — пески от мелко — до круп-

нозернистых мощностью 10—31 м. Дебит скважин изменяется от 14,7 до 22 м³/час при понижении уровня воды на 6—8 м. Содержание железа в воде 0,1—1,2 мг/л и более.

Более широкая эксплуатация водоносного горизонта московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений потребует принятия надлежащих мер по его охране от загрязнения и истощения.

Водоносный горизонт надднепровских флювиогляциальных отложений ($fgl_s Q_{II} dn$)

Этот водоносный горизонт распространен в южных районах БССР, где он приурочен к флювиогляциальным отложениям, покрывающим днепровскую морену. Наиболее широко он развит в Рогачевском, Жлобинском, Краснопольском, Ельском и Лельчицком районах, а также в северной части Гомельского и южной части Добрушского районов Гомельской области; в Глусском районе Могилевской области и на юго-западе БССР (в районе Пружан, Малориты, Дрогичина, Телехан, Ганцевичей и др.).

Мощность надднепровских флювиогляциальных отложений обычно колеблется в пределах 10—12 м, но нередко достигает 20—25 м. Водовмещающие породы представлены обычно разно- или крупнозернистыми песками. За счет этого водоносного горизонта частично или полностью обеспечивается водоснабжение населенных пунктов юга республики (Лунинца, Ленино, Микашевичей, Давид—Городка, Дивина, Рогачева, Октябрьского, Житковичей, Турова, Брагина и др.). Глубина эксплуатирующего водоносный горизонт скважин составляет 19—37 м. Статический уровень воды устанавливается на глубине 2—7 м, реже 11—18 м ниже поверхности земли. Производительность скважин составляет 12,6—18 м³/час при понижении уровня воды на 3—6 м. Гидрогеологические данные по разведочным скважинам, вскрывшим воду в надднепровских флювиогляциальных отложениях, приводятся в табл. 11.

На многих участках юга БССР в речных долинах подстилающие водоупорные морены размыты, и воды надднепровских флювиогляциальных отложений образуют с водами днепровско-березинских отложений единый водоносный комплекс, который эксплуатируется здесь многими скважинами главным образом для сельского водоснабжения.

Качество воды удовлетворительное (см. табл. 12). Общая минерализация воды колеблется от 0,04 до 0,11 г/л, общая жесткость не превышает 4 мг·экв. Содержание железа составляет 1,87—2 мг/л, нередко достигает 3 мг/л и более.

В южных районах БССР к флювиогляциальным отложениям, покрывающим днепровскую морену, приурочены довольно большие эксплуатационные запасы подземных вод, которые путем строительства групповых водозаборов могут обеспечить крупных водопотребителей. При отсутствии верхнего водоупорного горизонта эти воды в районе населенных пунктов легко подвержены загрязнению, вследствие чего их эксплуатация должна проводиться при строгом соблюдении правил санитарной охраны.

Водоносный горизонт днепровских конечноморенных отложений ($gl_t Q_{II} dn$)

На территории БССР этот водоносный горизонт распространен лишь на юге Республики в районе городов Мозыря и Бреста. Мощность конечноморенных отложений равна 20—40 м.

Населенные пункты, расположенные в пределах распространения этих конечноморенных образований, эксплуатируют водоносный горизонт колодцами и в меньшей мере скважинами. Уровень воды в колодцах залегает на глубине до 20 м. Производительность скважин колеблется от 0,3 до 9 м³/час при понижении уровня воды на 1—5 м. Качество воды удовлетворительное.

Воды спорадического распространения в относительно водоупорных днепровских моренных отложениях ($glQ_{II}dn$)

Морена днепровского оледенения на территории БССР почти нигде не выходит на дневную поверхность, за исключением немногих мелких участков, расположенных в основном в южных районах Белоруссии.

Ввиду слабой водообильности и спорадического распространения, сравнительно глубокого залегания, воды днепровских моренных отложений почти не используются для водоснабжения. И лишь на участках высокого залегания днепровских моренных отложений их воды эксплуатируются колодцами, дебит которых колеблется от 0,3 до 1,8 м³/час. Уровень воды в колодцах залегает на глубине 1—10 м и более. Качество воды удовлетворительное.

Водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений ($glQ_{II+I}dn+br$)

Водоносный горизонт имеет на территории БССР региональное распространение и, как правило, в пределах центральных и южных районов республики является вторым от поверхности напорным горизонтом. Он вскрывается большим количеством скважин во многих пунктах Витебской, Минской, Гродненской, в северной части Брестской и западной части Могилевской областей. На отдельных участках, где размыты разделяющие водоупорные морены, он гидравлически связан с другими водоносными горизонтами.

Водовмещающие породы представлены песками от мелко-до крупнозернистых с линзами гравелистых песков и гравия, а также супесей, суглинков и погребенного торфяника. Мощность водоносного горизонта изменяется от 4 до 30 м, достигая на отдельных участках 54 м. Водообильность горизонта неравномерная вследствие невыдержанности гранулометрического состава водовмещающих пород как по площади их распространения, так и в вертикальном направлении. В пределах даже небольшого участка крупнозернистые пески могут резко сменяться мелкозернистыми, глинистыми и наоборот. По данным опытных откачек, коэффициент фильтрации водоносных пород колеблется от 0,7 до 15 м/сутки, достигая 45—50 м/сутки на участках, где скважинами вскрываются гравелистые пески.

Глубина скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений составляет 33—160 м, пьезометрический уровень воды в них устанавливается на глубине 1,4—38 м от поверхности земли. Единичные скважины дают самоизливающуюся воду. Дебит скважин колеблется от 2,9 до 47,9 м³/час при понижении пьезометрического уровня воды на 7—42 м (см. табл. 13).

Качество воды удовлетворительное и может быть охарактеризовано данными табл. 14. Минерализация воды колеблется в пределах 0,06—0,3 г/л и редко достигает 0,6 г/л. Содержание в воде железа от следов до 3,2 мг/л, на отдельных участках достигает 10 мг/л; жесткость (общая) колеблется в пределах 0,3—5,2 мг·экв.

На территории Витебской области рассматриваемый водоносный горизонт широко используется для водоснабжения в Миорском, Глубокском, Витебском и Лепельском районах и в меньшей мере в Верхнедвинском, Полоцком, Поставском, Башенковичском, Сенненском и Толочинском районах. Единичными скважинами он эксплуатируется на территории Браславского, Лиозненского и Оршанского районов. Глубина скважин на этот водоносный горизонт составляет 50—100 м, напорный уровень воды устанавливается на глубине 6—25 м, реже 25—40 м от поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах от 16,2 до 25,9 м³/час при понижении уровня воды на 6—17 м. Скважины, вскрывшие воду в мелкозернистых пылеватых песках, снижают дебит до 5,1 и 11,9 м³/час при понижении уровня воды на 17—41 м. Содержание в воде железа колеблется от следов до 1,75 мг/л, на отдельных участках достигает 5—5,5 мг/л. Высокое содержание железа обычно отмечается в воде скважин, вскрывших в водовмещающих породах прослойки погребенных торфяников.

Водоснабжение крупных населенных пунктов Витебской области (Браслава, Миор, Полоцка, Ушачей, Лепеля, Чашников, Сенно и др.) частично обеспечивается за счет вод этого горизонта. Кровля водоносного горизонта вскрывается скважинами на глубине 30—55 м, а в г. пос. Браславе — на 83 м. Водовмещающие породы представлены преимущественно мелко- и разнозернистыми песками, реже крупнозернистыми и гравелистыми. Мощность песков достигает 15—25 м. Дебит скважин колеблется от 11,9 до 28,8 м³/час при понижении уровня воды на 4—8 м.

Сравнительно большим количеством скважин водоносный горизонт эксплуатируется во многих районах Минской области в качестве дополнительного источника водоснабжения. Единичными скважинами он эксплуатируется в Мядельском, Вилейском, Дзержинском, Столбцевском и Несвижском районах.

Обычная глубина скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений на территории Минской области, составляет 60—90 м и более; на многих участках Молодечненского, Дзержинского, Минского и Логойского районов она достигает 100 м и более. Напорный уровень воды в скважинах устанавливается на 5—15 м ниже поверхности земли, а на участках развития конечноморенных отложений на глубине 30—55 м. Единичные скважины дают самоизливающуюся воду с пьезометрическим уровнем воды на 0,3 м (г. Червень), 0,9 м (ж.-д. ст. Молодечно) и 1,5 м (в районе дер. Радково) выше поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах от 9 до 30,2 м³/час при понижении уровня воды на 8—20 м. Обычное содержание в воде железа колеблется от следов до 0,8 мг/л, но нередко достигает 1,5—2 мг/л и на отдельных участках 31 мг/л.

В Минской области водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений используется в качестве дополнительного источника водоснабжения крупных населенных пунктов (Логойск, Борисов, Воложин, Смолевичи, Березино, Копыль, Клецк, Слуцк, Минск и др.). Кровля водоносного горизонта вскрывается скважинами на глубине 40—70 м, реже 84—100 м (Березино, Воложин, Минск). Водовмещающие породы представлены в основном мелкозернистыми песками, реже песками разно- и среднезернистыми. Их мощность составляет 4,5—7 м и редко превышает 30 м и более. На многих участках производительность скважин колеблется в пределах 30—45 м³/час при понижении уровня на 19—14 м.

На территории Гродненской области рассматриваемый водоносный горизонт многими скважинами эксплуатируется в Ивьевском и Волковыском районах и значительно меньшим количеством скважин в Вороновском, Гродненском, Новогрудском, Слонимском и Щучинском районах. На остальной территории Гродненской области этот водоносный горизонт эксплуатируется только единичными скважинами. Глубина скважин на водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений составляет 45—75 м и на отдельных участках 130 м в пределах Волковыской и Новогрудской возвышенностей. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 3,5—13 м, реже 25—58 м от поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах от 4,3 до 36 м³/час при понижении уровня воды на 25—33 м. Содержание железа в воде колеблется от следов до 0,7 мг/л и только на отдельных участках достигает 1,8—3,8 мг/л.

Районные центры и крупные населенные пункты Гродненской области (Вороново, Скидель, Новогрудок, Мосты, Волковыск, Радунь, Острына и др.) для водоснабжения частично используют воды описываемого межморенного горизонта, кровля которого залегает на глубине 40—45 м и реже 90 м и более. Водовмещающие породы представлены на участках перечисленных выше населенных пунктов преимущественно мелкозернистыми песками, часто глинистыми. Мощность песков достигает 11—19 м, реже 25 м и более. Производительность скважин 11,9—20,2 м³/час при понижении уровня воды на 8—10 м.

На территории Могилевской области этот водоносный горизонт распространен только в западных районах и в ее крайней северо-восточной части (Горецкий район). Наибольшим количеством скважин этот водоносный горизонт эксплуатируется в Могилевском и Бобруйском районах, являясь для них одним из основных. В Горецком, Бельничском и Кировском районах он эксплуатируется в меньших размерах. В других районах Могилевской области описываемый водоносный горизонт или отсутствует, или имеет локальный характер распространения; для водоснабжения в этих районах используются в основном воды меловых, палеогеновых и неогеновых отложений.

Глубина скважин, эксплуатирующих этот водоносный горизонт на территории Могилевской области, колеблется в пределах 40—85 м. Напорный уровень воды устанавливается в скважинах на глубине 3—17 м от поверхности земли. Дебит скважин составляет 11,9—18 м³/час при понижении уровня на 3—8 м. Содержание в воде железа — от следов до 0,7 мг/л, а на отдельных участках достигает 3—4 мг/л. Частично эти воды используются для водоснабжения Бобруйска, Осиповичей, Кировска и других населенных пунктов. В Осиповичах и Кировске кровля водоносного горизонта залегает на глубине 37—46 м, а в Бобруйске и Глуше — на глубине 61—65 м. Водовмещающие породы представлены мелко-, реже средне- и крупнозернистыми песками. Мощность песков равна 7—18 м, увеличиваясь на отдельных участках до 22 м и более. Производительность скважин колеблется в пределах от 14,4 до 21,6 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 38 и 9,5 м.

В пределах Брестской области водоносный горизонт распространен почти повсеместно, используется в целях хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, он эксплуатируется сравнительно большим количеством скважин глубиной 57—86 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 2—18 м ниже поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах 11,9—

24,1 м³/час при понижении напорного уровня соответственно на 19 и 16 м. Железа в воде содержится от 0,01 — до 0,2 мг/л и более.

На территории Гомельской области этот водоносный горизонт также имеет широкое распространение, отсутствуя лишь в юго-восточной ее части.

Водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений дренируется реками Днепром, Припятью, Сожем, Зап. Бугом, Неманом, Зап. Двиной и их крупными притоками.

Нижним водоупором описываемого водоносного горизонта является морена березинского оледенения. На многих участках северных, центральных и особенно южных районов БССР она размыта, вследствие чего водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений часто сливается с водоносным горизонтом подберезинских флювиогляциальных отложений, а на участках, где размыта морена днепровского оледенения, и с водоносным горизонтом московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений. Этот общий подморенный водоносный горизонт нерасчлененных флювиогляциальных отложений различного возраста, как правило, залегает на дочетвертичных породах.

На территории БССР подморенный напорный водоносный горизонт нерасчлененных флювиогляциальных отложений имеет широкое распространение и для многих районов является основным для водоснабжения крупных населенных пунктов и промышленных предприятий. Он гидравлически связан с водами дочетвертичных отложений. Исключение составляют лишь отдельные участки, где нижним водоупором служат девонские или неогеновые глины, залегающие в кровле дочетвертичной толщи.

В пределах Витебской области рассматриваемый подморенный напорный водоносный горизонт широко эксплуатируется в Верхнедвинском, Сенненском и Оршанском районах с помощью скважин глубиной 40—90 м. Дебит скважин колеблется обычно в пределах 11,9—25,2 м³/час при понижении напорного уровня воды на 4—7 м. Водоснабжение г. Верхнедвинска, городских поселков Ушачи и Чашники, а также г. Полоцка частично обеспечивается за счёт использования описываемого водоносного горизонта. Кровля водоносного горизонта вскрывается скважинами на участках этих населенных пунктов на глубине 35—72 м. Водовмещающие породы представлены в основном мелкозернистыми песками с гравием. Вскрытая скважинами мощность песков равна 6—27 м. Производительность скважин колеблется в пределах 6,1—30 м³/час при понижении напорного уровня воды на 6—8 м.

Централизованное водоснабжение г. Орши частично обеспечивается за счет каптированного источника, выходящего с дебитом около 100,8 м³/час в долине р. Днепра (в районе дер. Липок) из подморенного водоносного горизонта. Высокий дебит источника связан с дополнительным подтоком воды из известняков и доломитов верхнего девона, на которых залегает здесь подморенный водоносный горизонт.

На территории Минской области подморенный водоносный горизонт широко эксплуатируется в Любанском и Слуцком районах скважинами глубиной 40—60 м. Напорный уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 2—10 м от поверхности земли. Дебит скважин колеблется в пределах 9—30 м³/час при понижении напорного уровня воды на 4—10 м. Содержание в воде железа колеблется от следов до 5,7 мг/л.

В пределах Гродненской области подморенный водоносный горизонт эксплуатируется небольшим количеством скважин на территории

в основном Волковыского, Гродненского, Новогрудского и Щучинского районов. Ограниченная эксплуатация вызвана его глубоким залеганием и сравнительно невысокой водообильностью. Обычно глубина скважин, эксплуатирующих подморенный водоносный горизонт, составляет 80—100 м и более, напорный уровень воды устанавливается в них на глубине 5—15 м, реже 25—33,5 м от поверхности земли. Дебит скважин колеблется от 17,3 до 24,1 м³/час при понижении напорного уровня воды на 19—27 м. Железа в воде содержится не выше 1 мг/л.

Водоснабжение крупных населенных пунктов Скиделя, Щучина, Лиды, Новогрудка, Волковыска, Гродно, ж.-д. ст. Берестовицы и других частично обеспечивается за счет использования вод подморенного напорного горизонта. В этих пунктах кровля водоносного горизонта залегает на глубине 50—110 м. Водовмещающие породы представлены песками от мелкозернистых глинистых до крупнозернистых с гравием. Мощность песков изменяется от 22 до 30 м и более. Дебит скважин колеблется в пределах от 9 до 28,8 м³/час, при понижении напорного уровня на 6—15 м и на отдельных участках не превышает 18 м³/час, при понижении уровня воды на 27 м и более.

Широко распространен подморенный водоносный горизонт на территории Могилевской, Брестской и Гомельской областей. В пределах Могилевской области этот водоносный горизонт хотя и имеет большое распространение, но широко эксплуатируется только в западных и северных районах области. Глубина скважин—35—80 м, уровень воды в них устанавливается в северных районах на глубине 10—18 м, а в южных районах—4—10 м. Дебит скважин колеблется в пределах 9—18 м³/час, при понижении напорного уровня воды на 3—6 м. Содержание в воде железа достигает 2,5—3 мг/л, а на отдельных участках—9,3 мг/л.

В качестве дополнительного источника воды подморенного горизонта используются для водоснабжения крупных населенных пунктов (Быхова, Славгорода, Климовичей, Осиповичей, Кировска, Бобруйска, Круглое и др.). Водоносный горизонт в районах Быхова, Славгорода и Климовичей залегает на глубине 16—25 м и в районе Осиповичей и Бобруйска—68—78 м. Водовмещающие породы представлены песками различного гранулометрического состава, иногда глинистыми или гравелистыми. Мощность песков изменяется от 7 до 27 м и более. Производительность скважин колеблется в пределах 11,9—14,8 м³/час при понижении уровня воды на 6—18 м.

На территории Брестской области подморенный напорный водоносный горизонт широко эксплуатируется только в Березовском, Брестском, Каменецком, Кобринском, Дрогичинском и Пинском районах. В Столинском и южной части Лунинецкого и Пинского районов вследствие почти повсеместного размыва морен подморенный водоносный горизонт переходит в горизонт грунтовых (безнапорных) вод.

Водоснабжение г. Бреста, а также районных центров и крупных населенных пунктов Брестской области (Ружан, Ивацевичей, Березы, Кобрина, Дрогичина, Иваново, Пинска, Малориты, Столина, Телехан, Жабинки, Антополя, Дивина) частично обеспечивается за счет вод подморенного водоносного горизонта. Кровля его здесь залегает на глубине 20—36 м, реже 51—67 м (Ружаны, Ивацевичи, Дивин). Водовмещающие породы представлены песками от мелко- до крупнозернистых, содержащих на отдельных участках в различном количестве гравий и мелкую гальку. Мощность песков изменяется от 17 до 30 м и более. Глубина скважин составляет 25—65 м, реже 80—93 м. Уровень воды устанавливается в скважинах на глубине 2—6 м и на отдельных участках 14—17 м от поверхности земли. Производительность скважин

обычно равна 18—34,9 м³/час при понижении напорного уровня воды на 3—12 м; нередко дебит отдельных скважин достигает 9—19,8 м³/час при понижении уровня воды на 1—2 м. Содержание в воде железа составляет 0,1—0,76 мг/л и достигает иногда 2—6 мг/л.

В Гомельской области, охватывающей юго-восточную часть БССР, подморенный напорный водоносный горизонт широко развит и эксплуатируется большим количеством скважин в Рогачевском, Светлогорском, Жлобинском, Буда-Кошелевском, Речицком, Калинковичском, Мозырском, Хойникском и Брагинском районах, для которых он нередко является основным в обеспечении водоснабжения крупных населенных пунктов и промышленных предприятий. В Житковичском, Петриковском и Ельском районах этот водоносный горизонт имеет локальный характер распространения, моренные водоупоры здесь в большинстве случаев размыты, и подморенный водоносный горизонт непосредственно переходит в горизонт грунтовых вод покровных флювиогляциальных и аллювиальных отложений.

Водоснабжение Рогачева, Жлобина, Стрешина, Буда-Кошелева, Петрикова, Василевичей, Речицы, Домановичей, Калинковичей, Озаричей и Хойников в значительной мере обеспечивается за счет использования вод подморенного водоносного горизонта. Кровля его залегает на глубине 15—30 м, реже 40—56 м (Петриков, Домановичи). Водовмещающие породы представлены песками разного гранулометрического состава. На отдельных участках пески содержат в небольшом количестве гравий и гальку; мощность песков изменяется от 6 до 26 м и более. Уровень воды в скважинах устанавливается на глубине обычно 1,8—6 м и на отдельных участках 9—16 м ниже поверхности земли. Производительность скважин колеблется от 32,4 до 50,4 м³/час, при понижении уровня воды на 8—12 м.

Воды спорадического распространения в относительно водоупорных березинских моренных отложениях (glQ_{br})

Моренные отложения березинского оледенения на территории БССР имеют локальный характер распространения и сохранились от размыва в основном в наиболее пониженных участках доледникового рельефа. В северных районах Белоруссии эти отложения пройдены только единичными скважинами на сравнительно больших глубинах (у г. пос. Чашники они вскрыты скважиной на глубине 229,6 м).

В центральных районах БССР моренные отложения березинского оледенения обычно залегают на глубине 60—100 м, а в понижениях доледникового рельефа — на глубине 130—170 м (г. пос. Мосты, деревни Вильямовичи, Кривляны и др.). В южных районах Белоруссии они залегают на глубине 6—25 м. Мощность рассматриваемых отложений изменяется от 10 до 70 м. Сложена березинская морена довольно плотными суглинками и супесями с включением гравия и гальки.

Обводненность моренных отложений березинского оледенения, видимо, связана с внутриморенными песчаными линзами. Однако сведений о степени их водообильности и химическом составе вод внутриморенных отложений в нашем распоряжении нет. В связи с локальным распространением и недостаточностью данных о характере залегания спорадически водоносных моренных отложений березинского оледенения показать площадь их распространения на прилагаемой к тому гидрогеологической карте четвертичных отложений территории БССР не представилось возможным. Практического интереса воды моренных отложений не представляют.

Водоносный горизонт подберезинских флювиогляциальных отложений (fgl_1Q_1br)

Этот водоносный горизонт широко распространен только на территории центральных районов и весьма ограниченно в северных и южных районах Белоруссии. Глубина залегания кровли водоносного горизонта колеблется в пределах от 40 до 137 м и более. Водовмещающие породы представлены преимущественно мелко- и тонкозернистыми песками, иногда с линзами супесей. В северных районах в толще аллювиально-флювиогляциальных отложений нередко преобладают среднезернистые пески и гравийно-галечный материал. Их общая мощность изменяется от нескольких метров до 45,0 м.

Глубина скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт подберезинских флювиогляциальных отложений, обычно находится в пределах 47—130 м. Залегая под водоупорной мореной и имея на отдельных участках в качестве нижнего водоупора неогеновые или девонские глины, водоносный горизонт является напорным. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 5—20 м и более ниже поверхности земли, а на отдельных участках скважины дают самоизливающуюся воду. Водообильность горизонта колеблется в довольно широких пределах и всецело зависит от мощности и гранулометрического состава водовмещающих пород. Дебит скважин при откачках колеблется в пределах от 2 до 35 м³/час при понижении уровня воды 6—11,6 м. Основные гидрогеологические данные по разведочным скважинам, вскрывшим водоносный горизонт подберезинских флювиогляциальных отложений, приведены в табл. 13.

Вода удовлетворительного качества с общей минерализацией не свыше 0,45 г/л. Содержание в воде железа колеблется от следов до 3,5 мг/л. Солевой состав характеризуется данными, приведенными в табл. 14.

Этот водоносный горизонт на территории БССР эксплуатируется единичными скважинами. Хорошую производительность имеет скважина в г. пос. Чашники, которая на глубине 117 м вскрыла разнородные пески. Пьезометрический уровень воды в скважине установился на 0,1 м выше поверхности земли. Удельный дебит скважины составляет 25,2 м³/час (фильтр сетчатый, диаметр 108 мм).

На участке, расположенном восточнее г. Орши (дер. Шатоврино) и западнее г. пос. Горки (деревни Козливицы I-е, Сеньково и Большое Бушково), водовмещающие породы водоносного горизонта подберезинских флювиогляциальных отложений представлены песчано-гравийно-галечным и гравийно-галечным материалом. Их мощность колеблется от 1,3 до 23 м. Уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 9—36 м ниже поверхности земли, дебит достигает 15 м³/час при понижении уровня воды на 3 м.

В районе г. Витебска этот водоносный горизонт вскрыт скважинами на глубине 58—60 м у деревень Зайцево, Загородно, Стасево, Барсеево, Мал. Березина и Ситовщина. Водовмещающие породы представлены мелко- и тонкозернистыми песками, мощность которых изменяется от 2 до 7 м.

В г. Вилейке водоносный горизонт вскрыт скважиной на всю мощность в интервале 81—100,8 м; напорный уровень воды установился на 0,25 м выше поверхности земли. Водовмещающие породы представлены мелко- и крупнозернистыми песками. Дебит скважины равнялся 20 м³/час при понижении уровня воды свыше 6 м.

В г. Молодечно одна скважина вскрыла описываемый водоносный горизонт на неполную мощность в интервале 90—107 м. Водовмещаю-

щие породы представлены мелкозернистыми песками. Напорный уровень воды установился на глубине 19,4 м ниже поверхности земли. Дебит скважины равнялся 21,6 м³/час при понижении уровня воды на 4 м.

На участке Минского водозабора «Петровщина» залегающие на глубине 130 м водовмещающие водоносный горизонт породы представлены мелкозернистыми, сильно глинистыми песками. Их верхняя часть (около 8 м) сложена более отсортированными песками. Удельный дебит скважины при откачке из верхней части горизонта достигает 2,98 м³/час.

В районе г. Гродно этот водоносный горизонт залегает на глубине 47—114,8 м. Водовмещающие породы представлены зеленовато-серыми, мелко- и тонкозернистыми, реже разнотернистыми песками. Мощность песков изменяется от 6 до 16 м. Водоносный горизонт обладает значительным напором, а на отдельных участках скважины имеют самоизлив (г. Гродно, дер. Фолюш). Дебит скважин при понижении уровня воды на 12 м на отдельных участках составляет свыше 32,4 м³/час. Водоносный горизонт залегает на неогеновых, палеогеновых или верхнемеловых породах (писчий мел), как правило, обводненных.

Питание водоносного горизонта подберезинских флювиогляциальных отложений происходит, главным образом, за счет перелива вод из вышележащих четвертичных отложений, а также за счет подтока из подстилающих водоносных горизонтов неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых и девонских отложений. Дренаруется этот водоносный горизонт Зап. Двиной (район г. пос. Шклова).

Этот водоносный горизонт может быть рекомендован в основном для сельского водоснабжения.

Неоген-палеогеновый водоносный комплекс (N+Pg)

Этот водоносный комплекс включает в себя не выдержанные по мощности и простирающие водоносные прослои полтавской серии неогена и верхнего палеогена, а также водоносные горизонты харьковских, киевских и бучакских слоев палеогена. Развита он на территории южных районов Белоруссии, где занимает всю площадь бассейна р. Припяти, часть бассейна р. Немана и бассейны нижнего течения рек Березины, Друти и Сожа. Северная граница распространения неоген-палеогенового водоносного комплекса проходит по линии Гродно-Новогрудок — Гресск — Жлобин — Журавичи — Чечерск — Ветка. На юго-западе БССР распространение водоносного комплекса ограничивается линией, проходящей несколько севернее г. Домачево и г. пос. Дивина, в юго-восточном направлении площадь распространения водоносного горизонта выходит за пределы республики, где значительно увеличивается и его мощность.

Залегает водоносный комплекс на меловых, местами (р-н г. пос. Ст. Дороги) на протерозойских отложениях или непосредственно на кристаллических породах допалеозойского фундамента (Микашевичский выступ). Водупором служат — элювий мергельно-меловых пород верхнего мела, глины и алевролиты верхнего протерозоя или продукты выветривания кристаллических пород допалеозойского фундамента, в виде каолинизированных глин и каолинов. В местах размытия водупорных горизонтов воды неоген-палеогенового водоносного комплекса связаны с водами нижележащих горизонтов. Перекрывается он на большей площади своего распространения предледниковыми отложениями или валунными суглинками березинского и днепровского оледенений.

На юго-западе Белоруссии, в бассейнах рек Мухавца и Лесной и на

юге, в бассейнах рек Случи, нижнего течения Птичи, Горыни, Уборти, Словечны и Желони, в кровле водоносного комплекса залегают пестроцветные и темно-бурые глины полтавской серии, которые являются местными водоупорами. В ряде мест, особенно в долине р. Припяти, в долинах наиболее крупных ее притоков рек Ясельды, Птичи, Горыни, Уборти и других, непосредственно на неоген-палеогеновом водоносном комплексе залегают водосодержащие породы четвертичных отложений, в результате чего увеличивается общая мощность водосодержащих отложений и их водообильность.

Глубина залегания кровли водоносного комплекса колеблется в значительных пределах. В Центральной части БССР она находится на глубине 45—120 м ниже поверхности земли или на отметках 120—45 м абс. высоты. На юго-западе территории, в пределах Брестской впадины, глубина залегания водоносного комплекса не превышает 37—50 м, а отметки кровли повышаются до 90,0—110,0 м над уровнем моря. В юго-восточных районах БССР водоносный комплекс залегает на глубине от 20 до 105 м или на отметках 120—80 м абс. высоты. Сравнение отметок кровли водоносного комплекса показывает, что в юго-восточных районах Белоруссии падение ее наблюдается с севера на юг и с северо-запада на юго-восток к Припятской впадине. На юго-западе территории кровля водоносного комплекса понижается с юго-востока на северо-запад и с востока на запад в сторону Брестской впадины.

Водовмещающие отложения представлены мелкозернистыми, сильноглинистыми песками или алевроитами в северных районах их распространения и мелко- и разнотернистыми песками в южных и юго-западных районах территории БССР.

В толще песков встречаются прослои глин и мергелей (киевские слои и полтавская серия) или слабосцементированных песчаников (полтавская серия и харьковские слои). В верхних горизонтах водосодержащей толщи (полтавская серия) нередко содержатся сильногумусированные разности песков, глин и супесей, а также маломощные прослои и линзы углистых образований и бурых углей, оказывающих заметное влияние на химический состав и общую минерализацию заключенных в них подземных вод.

Мощность водоносного комплекса варьирует в широком диапазоне. Наибольших значений (50—70 м) она достигает в Припятской впадине (район городов Мозыря, Калинковичей и др.). На южном склоне Белорусского массива, Полесской и Жлобинской седловинах мощность не превышает 10—14 м, но чаще она составляет 6,0—8,0 м. В пределах Брестской впадины мощность водоносного комплекса составляет 12—20 м, а на территории крайних юго-западных районов Брестской области снижается до 5—3 м и менее.

Воды неоген-палеогенового водоносного комплекса обладают повсеместным слабым напором, величина которого колеблется от 10 до 18 м над кровлей пласта. Наибольшие величины напора отмечаются в северных районах распространения. В долине рек Днепра, Сожа, Березины, Припяти и других величина напора падает, что указывает на дренирование водоносного комплекса названными реками. Пьезометрические уровни воды держатся на отметках 149,0—156,0 м абс. высоты в северных районах распространения и на отметках 135—121 м на юге территории (табл. 15). Анализ пьезометрических уровней водоносного комплекса не дает материалов для оконтуривания отдельных артезианских бассейнов, но показывает закономерное снижение высотных отметок уровней от Белорусского массива и Вольно-Подольской плиты в сторону Брестской и Припятской впадин. На фоне общего падения пьезометрических поверхностей в сторону впадин движение под-

Таблица 15

Основные гидрогеологические данные по неоген-палеогеновому водоносному комплексу

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от по-верхн. земли	абс. отм. кровли		от по-верхн. земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Дер. Победа, цементный завод «Победа» Волковыского р-на	$\frac{182,0}{124,0}$	94,0	30,0	11,0	1,5	122,5	$\frac{7,2}{58,2}$	0,12
Дер. Гловсевичи Слоимского р-на	$\frac{135,0}{170,0}$	110,0	60,0	15,0	25,0	145,0	$\frac{10,1}{25,0}$	0,4
Дер. Девятковичи Слоимского р-на	$\frac{150,0}{170,0}$	125,0	—	20,0	10,0	—	$\frac{10,1}{25,0}$	0,4
Дер. Избицы Пружанского р-на	$\frac{122,11}{162,21}$	105,0	57,21	9,4	1,73	160,43	$\frac{0,41}{18,0}$	0,006
Дер. Голя Каменецкого р-на	$\frac{150,35}{180,27}$	131,55	48,72	17,45	15,7	164,57	$\frac{0,18}{7,00}$	0,007
Дер. Могдалин Кобринского р-на	$\frac{59,80}{142,00}$	50,40	91,60	9,4	4,5	137,5	$\frac{8,90}{37,50}$	0,22
Дер. Закозель Дрогичинского р-на	$\frac{53,0}{147,0}$	37,5	109,5	16,47	9,76	137,24	$\frac{11,60}{1,53}$	7,58
Дер. Молодово Ивановского р-на	$\frac{63,6}{150,0}$	45,7	104,3	14,9	8,30	141,7	$\frac{26,4}{3,20}$	8,22
Город Слуцк Слуцкого р-на	$\frac{75,0}{154,0}$	58,1	95,9	13,9	0,6	153,4	$\frac{21,17}{5,40}$	3,9
Г. пос. Старобин Любанского р-на	$\frac{66,06}{145,0}$	52,9	92,1	7,16	3,20	141,8	$\frac{10,8}{0,4}$	27,0
Г. пос. Житковичи Житковичского р-на	$\frac{75,5}{136,0}$	62,65	73,35	9,15	6,00	130,0	$\frac{22,18}{5,5}$	4,03
Дер. Рудня-Гребень Житковичского р-на	$\frac{75,0}{129,0}$	63,0	56,0	12,0	2,00	127,0	$\frac{42,12}{6,0}$	7,02
Г. пос. Туров Житковичского р-на	$\frac{77,3}{124,0}$	58,0	66,0	16,0	3,0	121,0	$\frac{7,38}{3,0}$	2,46
Г. пос. Копаткевичи Петриковского р-на	$\frac{60,0}{125,0}$	31,0	94,0	29,0	3,0	122,0	$\frac{14,76}{6,0}$	2,46
С-х Дорошевичи Петриковского р-на	$\frac{64,0}{128,0}$	57,65	70,35	6,70	1,50	126,5	$\frac{32,04}{5,0}$	6,40

Продолжение табл. 15

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Г. пос. Лельчицы Мозырского р-на	$\frac{57,37}{138,0}$	40,50	97,5	16,50	3,5	134,5	$\frac{16,20}{—}$	—
Дер. Стодолище Мозырского р-на	$\frac{55,0}{144,0}$	34,0	110,0	15,0	13,0	131,0	$\frac{14,76}{2,0}$	6,7
Город Мозырь (горводопровод) Мозырского р-на	$\frac{100,0}{177,0}$	28,0	89,0	62,9	Самоизлив	—	$\frac{73,98}{3,55}$	12,84
Ст. Красный Берег Жлобинского р-на	$\frac{42,15}{136,00}$	38,55	97,45	3,60	6,0	130,0	$\frac{9,0}{2,00}$	4,5
Дер. Рогинь Буда-Косшелевского р-на	$\frac{30,82}{138,00}$	24,64	113,36	6,18	2,46	135,54	$\frac{15,4}{4,48}$	3,2
Город Гомель (горводопровод) Гомельского р-на	$\frac{28,15}{135,0}$	22,50	112,5	5,65	4,5	130,5	$\frac{25,9}{—}$	—
Ст. Тереховка Добрушского р-на	$\frac{80,75}{148,0}$	45,71	102,29	—	6,40	141,60	$\frac{3,5}{—}$	—
Ст. Бабичи Речицкого р-на	$\frac{78,5}{132,0}$	47,3	84,7	17,7	3,85	128,15	$\frac{26,64}{7,85}$	3,26
Город Речица Речицкого р-на	$\frac{56,06}{133,0}$	47,71	85,29	—	8,0	121,0	$\frac{19,1}{5,5}$	3,47
Г. пос. Лоев Речицкого р-на	$\frac{80,0}{130,0}$	67,0	63,0	13,0	3,0	127,0	$\frac{18,0}{0,8}$	22,5
Г. пос. Брагин Брагинского р-на	$\frac{60,0}{112,0}$	41,0	71,0	19,0	4,0	108,0	$\frac{12,31}{\text{нет свед.}}$	—
Дер. Комарин Брагинского р-на	$\frac{60,0}{107,0}$	47,25	59,75	12,75	3,10	103,9	$\frac{9,21}{\text{нет свед.}}$	—
Г. пос. Хойники Хойникского р-на	$\frac{46,3}{—}$	19,75	—	20,3	15,0	—	$\frac{7,56}{2,1}$	3,6
Г. пос. Ельск Ельского р-на	$\frac{98,2}{135,0}$	45,0	90,0	53,2	4,25	130,75	$\frac{11,71}{6,95}$	1,6
Город Добруш Добрушского р-на	$\frac{43,0}{140,0}$	34,60	105,40	8,4	22,0	118,0	$\frac{5,4}{4,7}$	1,15

земных вод неоген-палеогенового водоносного комплекса наблюдается и в сторону крупных долин рек Днепра, Сожа, Березины, Припяти и других, где они частично разгружаются в выполняющих долины аллювиальные отложения.

Питание неоген-палеогенового водоносного комплекса осуществляется на склонах Белорусского, Украинского кристаллических массивов и Волыно-Подольской плиты как за счет инфильтрации атмосферных вод на площади их выхода на поверхность (бассейны рек Сожа, Турии, Стыри, Стохода, Уборти и др.), так и путем перетекания вод из вышележащих водоносных горизонтов четвертичных отложений.

Водообильность неоген-палеогенового водоносного комплекса меняется в широком диапазоне и находится в тесной зависимости от литологического состава водовмещающих отложений и их мощности. У северных границ распространения водоносного комплекса, где водосодержащие породы представлены мелкозернистыми глинистыми песками или алевритами мощностью до 5—8 м, водообильность его очень мала, и в связи с этим он не используется буровыми скважинами. В Брестской впадине, занимающей юго-западные районы БССР, мощность водоносного комплекса возрастает до 14—17 м, а местами до 20 м и в составе водовмещающих пород преобладают мелкозернистые, реже разнородные, но хорошо промытые, разности песков, обладающие относительно высокой водоотдачей. При сетчатых фильтрах диаметром 150 мм дебиты скважин, получающих воду из неоген-палеогенового водоносного комплекса, колеблются от 7,2 до 11,6 м³/час с понижением уровня на 1,5—58,5 м от статического, и только в дер. Молодово, Ивановского района производительность скважины достигла 26,4 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 3,2 м (см. табл. 15).

На территории Припятской впадины, охватывающей юго-восточные районы Белоруссии, мощность неоген-палеогенового водоносного комплекса достигает 29,0—60,0 м и более. Среди водовмещающих пород здесь преобладают средне- и разнородные пески, обладающие высокой водоотдачей. При сетчатых фильтрах диаметром 150—200 мм дебиты скважин колеблются от 6,7 до 32,0—42,0 м³/час с понижением уровня на 2,0—20,5 м от статического. Удельные дебиты скважин варьируют от 1,6 до 22,5 м³/час. В районе г. Мозыря дебиты скважин достигают 60—74 м³/час и более при понижении пьезометрического уровня на 2,2—3,55 м, т. е. удельные дебиты достигают более 20 м³/час (см. табл. 15). При этом наибольшая водообильность наблюдается в скважинах, доведенных до нижних горизонтов водоносного комплекса, где обычно преобладают наиболее крупные разности песков.

Обладая большими эксплуатационными ресурсами подземных вод, неоген-палеогеновый водоносный комплекс играет большую роль в водном хозяйстве многих районов юго-восточной части Белоруссии. На подземных водах этого водоносного комплекса основано водоснабжение городов Мозыря, Калинковичей, Хойников, Брагина и других, а также ряда промышленных предприятий, сельских населенных пунктов и т. д. На территории Житковичского, Петриковского, Копаткевичского, Мозырского и Ельского районов, а также в пределах Днепро-Припятского междуречья неоген-палеогеновый водоносный комплекс является наиболее водообильным и может служить надежным источником питьевого и хозяйственно-технического водоснабжения с крупным водопотреблением.

По химическому составу подземные воды неоген-палеогенового водоносного комплекса относятся в основном к гидрокарбонатно-кальциевому типу (табл. 16) с минерализацией от 0,11 до 0,41 г/л. На территории Припятской впадины встречаются воды сульфатно-

Таблица 16

Химический состав подземных вод неоген-палеогенового водоносного комплекса

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг-экв		pH	Форма выражения анализов	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-марн.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Дер. Браково Сло- нимского р-на	22/X 1950 г.	Нет сведений	4,48	4,48	7,4	мг/л	288,40	27,00	28,00	—	39,00	31,00	34,90	0,4	—	—	M _{0,3} — HCO ₃ 78 Mg 42 Ca 32 Na 26
						мг-экв	4,73	0,57	0,77	6,07	1,94	2,54	1,59	—	6,07	—	
						мг-экв %	77,92	9,40	12,68	100,00	31,96	41,84	26,20	—	100,00	0,30	
Дер. Голя Каме- нецкого р-на	29/VII 1960 г.	134,8—134,0	5,1	4,90	6,4	мг/л	298,90	8,64	4,78	—	84,79	10,58	5,0	0,3	—	—	M _{0,26} — HCO ₃ 94 Ca 81
						мг-экв	4,90	0,18	0,13	5,21	4,28	0,87	0,11	—	5,21	—	
						мг-экв %	94,05	3,46	2,49	100,00	81,19	16,70	2,11	—	100,00	0,26	
Дер. Вышевичи Пинского р-на	24/VIII 1953 г.	29,57—26,20	4,25	4,25	7,4	мг/л	320,00	7,00	9,00	—	84,00	0,80	28,00	3,7	—	—	M _{0,29} — HCO ₃ 93 Ca 74 Na 24
						мг-экв	5,20	0,14	0,27	5,61	4,18	0,07	1,36	—	5,61	—	
						мг-экв %	92,70	2,50	4,80	100,00	74,51	1,24	24,25	—	100,00	0,29	
Дер. Пузичи Лу- нинского р-на	30/IX 1953 г.	60,0	6,22	5,2	7,8	мг/л	320,00	15,0	85,00	—	88,00	22,00	38,00	—	—	—	M _{0,41} — HCO ₃ 66 Cl 30 Ca 56 Mg 23 Na 21
						мг-экв	5,20	0,30	2,28	7,88	4,43	1,79	1,66	—	7,88	—	
						мг-экв %	66,00	3,80	30,20	100,00	56,20	22,70	21,10	—	100,00	0,41	
Г. пос. Старобин Любанского р-на	16/VIII 1948 г.	78,00	3,85	3,2	—	мг/л	195,20	19,74	14,76	—	51,45	15,73	4,0	19,52	—	—	M _{0,22} — HCO ₃ 80 Ca 64,0 Mg 32
						мг-экв	3,20	0,41	0,41	4,02	2,56	1,29	0,17	—	4,02	—	
						мг-экв %	79,60	10,20	10,20	100,00	63,68	32,09	4,28	—	100,00	0,22	
Дер. Белево Жит- ковичского р-на	28/VIII 1953 г.	90,00	2,71	2,71	7,5	мг/л	195,0	8,00	16,00	—	31,00	8,90	26,00	1,70	—	—	M _{0,18} — HCO ₃ 83 Ca 51 Na 29
						мг-экв	3,20	0,17	0,475	3,84	1,97	0,74	1,13	—	3,84	—	
						мг-экв %	83,36	4,58	12,11	100,00	51,30	19,27	29,43	—	100,00	—	
Г. пос. Любань Любанского р-на	1935 г.	64,34	3,32	3,10	—	мг/л	190,00	—	1,00	—	540,00	7,00	—	—	—	—	M _{0,64} — HCO ₃ 99 Ca 82
						мг-экв	3,10	—	0,03	3,13	2,71	0,61	—	—	3,32	—	
						мг-экв %	99,00	—	1,00	100,00	81,60	18,40	—	—	100,00	0,64	
Между деревнями Поблин и Устерхи в пойме р. Птичь Бобруйского р-на	1939 г.	84,50	70,90	2,63	—	мг/л	169,80	390,0	414,85	—	990,50	261,3	130,0	—	—	—	M _{6,00} — Cl 92 Na 45 Ca 38
						мг-экв	2,63	8,14	116,85	127,62	49,42	21,48	57,88	—	128,78	—	
						мг-экв %	2,06	6,38	91,56	100,00	38,38	16,68	44,94	—	100,00	6,00	
Дер. Поткамыда Бобруйского р-на	6/IX 1953 г.	46,99—54,20	2,15	2,15	6,49	мг/л	150,00	1,40	4,00	—	28,00	9,40	11,90	0,27	—	—	M _{0,13} — HCO ₃ 95 Ca 54 Mg 28
						мг-экв	2,50	0,03	0,11	2,64	1,41	0,74	0,49	—	2,64	—	
						мг-экв %	94,64	1,09	4,27	100,00	53,53	27,86	18,58	—	100,00	0,13	
Дер. Белановичи Петриковского р-на	20, II 1953 г.	26,88—31,71	2,63	2,63	7,40	мг/л	171,00	16,00	14,00	—	41,00	7,00	20,00	1,00	—	—	M _{0,18} — HCO ₃ 79 Ca 58 Na 25
						мг-экв	2,80	0,33	0,39	3,52	2,05	0,58	0,89	—	3,52	—	
						мг-экв %	79,50	9,40	11,00	100,00	58,23	16,47	25,30	—	100,00	0,18	
Дер. Бел. Переезд Петриковского р-на	20/VIII 1953 г.	75,0	1,87	0,80	6,70	мг/л	48,80	48,00	33,00	—	28,00	5,70	20,00	—	—	—	M _{0,16} — HCO ₃ 29 SO ₄ 36 Cl 34 Ca 52 Na 31
						мг-экв	0,80	0,99	0,92	2,71	1,41	0,46	0,84	—	2,71	—	
						мг-экв %	29,50	36,50	34,00	100,00	52,00	17,00	31,00	—	100,00	0,16	
Г. пос. Лельницы Мозырского р-на	1954 г.	47,85—53,25	2,10	2,10	—	мг/л	128,00	—	3,00	—	—	42,00	2,00	2,00	—	—	M _{0,11} — HCO ₃ 96 Ca 96
						мг-экв	2,10	—	0,08	2,18	—	2,10	0,08	—	2,18	—	
						мг-экв %	96,33	—	3,67	100,00	—	96,33	3,67	—	100,00	0,11	
Город Мозырь (горводопровод) Мозырского р-на	12/IX 1953 г.	99,9	2,38	2,38	6,64	мг/л	146,00	8,00	3,50	—	33,00	8,50	6,50	0,20	—	—	M _{0,13} — HCO ₃ 90 Ca 63 Mg 26
						мг-экв	2,40	0,163	0,099	2,66	1,68	0,70	0,28	—	2,66	—	
						мг-экв %	90,17	6,12	3,71	100,00	63,16	26,31	10,53	—	100,00	0,13	
Дер. Скородное Ельского р-на	1956 г.	73,25—78,5	2,78	2,78	сл. щел.	мг л	220,00	—	6,90	—	—	64,0	23,02	1,50	—	—	M _{0,20} — HCO ₃ 95 Ca 73 Na 26
						мг-экв	3,60	—	0,19	3,79	—	2,78	1,01	—	3,79	—	
						мг-экв %	94,99	—	5,01	100,00	—	75,35	26,65	—	100,00	0,205	

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		рН	Форма выражения анализов	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
			общая	карбонатная				
Г. пос. Василевичи Речицкого р-на	1959 г.	35,75—41,10	2,78	2,45	Сл. щел.	мг/л	150,00	—
						мг·экв	2,45	—
						мг·экв %	84,78	—
Г. пос. Хойники Хойникского р-на	1949 г.	59,42—74,49	4,21	4,21	То же	мг/л	305,00	—
						мг·экв	5,00	—
						мг·экв %	93,98	—
Дер. Березки, свх. Посудово Брагинского р-на	8/III 1958 г.	29,8—35,30	3,50	3,40	" "	мг/л	210,00	—
						мг·экв	3,40	Сл.
						мг·экв %	96,04	—
Дер. Козьи Роги в 6 км к западу от Лоева Лоев- ского р-на	1954 г.	81,6—87,4	4,28	4,28	" "	мг/л	268,00	—
						мг·экв	4,40	—
						мг·экв %	97,35	—
Дер. Озерщина Речицкого р-на	11/III 1955 г.	36,50—38,65	2,28	2,28	" "	мг/л	190,00	—
						мг·экв	3,10	Сл.
						мг·экв %	97,48	—
Ст. Тереховка Добрушского р-на	15/VIII 1954 г.	70,0—75,0	3,53	3,53	" "	мг/л	25,00	—
						мг·экв	4,00	Сл.
						мг·экв %	95,49	—

хлоридно-гидрокарбонатного состава (дер. Белый Переезд, Петриковского района, дер. Шишки, Ельского района) или гидрокарбонатно-хлоридного типа (дер. Пузичи, Лунинецкого района), что объясняется влиянием подземных вод глубоких горизонтов палеозойских отложений, частично разгружающихся по зонам тектонических разломов в верхние горизонты мезозойских и кайнозойских отложений. Вблизи зон тектонических разломов, как это наблюдается в долине р. Птичи к югу от г. Глусска (дер. Поблин) и в других местах, подземные воды неоген-палеогенового горизонта имеют четко выраженные черты хлоридно-натриевых вод, с минерализацией более 6—7 г/л. Интересно также отметить, что в составе гидрокарбонатных вод наблюдается повышенное содержание натрия, достигающее 28—23%, что, по-видимому, следует объяснить обменными процессами, наиболее интенсивно протекающими в породах, обогащенных глауконитом.

Местами, где в толще водовмещающих пород водоносного комплекса или в покрывающих его породах содержатся прослои бурого угля или других гумусированных образований, воды верхней зоны неоген-палеогенового комплекса имеют несколько повышенную жесткость, а также содержат большое количество железа, достигающее 3—5 мг/л и более.

В преобладающем же большинстве случаев подземные воды неоген-палеогенового водоносного комплекса характеризуются вполне удовлетворительным качеством как для питьевых, так и для хозяйственно-технических целей.

Продолжение табл. 16

Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум- марн.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
15,70 0,44 15,22	— 2,89 100,00	— — —	64,00 2,78 96,19	2,50 0,11 3,81	0,50 — —	— 2,89 100,00	— — 0,158	M _{0,16} — HCO_3 85 Ca 96
11,20 0,32 6,02	— 5,32 100,00	— — —	84,94 4,21 79,14	25,53 1,11 20,86	— — —	— 5,32 100,00	— — 0,274	M _{0,27} — HCO_3 94 Ca 79
5,00 0,14 3,96	— 3,54 100,00	— — —	70,00 3,50 98,85	1,00 0,04 1,15	2,00 — —	— 3,54 100,00	— 0,183 —	M _{0,18} — HCO_3 96 Ca 99
4,10 0,12 2,65	— 4,52 100,00	— — —	86,0 4,28 94,69	5,30 0,24 5,31	3,00 — —	— 4,52 100,00	— — 0,233	M _{0,23} — HCO_3 97 Ca 95
3,30 0,08 2,52	— 3,18 100,00	— — —	50,00 2,28 71,69	21,00 0,90 28,31	1,00 — —	— 3,18 100,00	— 0,170 —	M _{0,17} — HCO_3 97 Ca 72 Na 28
6,70 0,19 4,51	— 4,19 100,00	— — —	70,00 3,53 84,24	15,50 0,66 15,76	1,70 — —	— 4,19 100,00	— 0,106 —	M _{0,11} — HCO_3 95 Ca 84

Сенон-туронский водоносный горизонт (Cr₂sp+t)

Сенон-туронский водоносный горизонт широко развит в южной и юго-восточной частях Белоруссии. Северная граница его распространения проходит несколько южнее г. Сморгони, северо-восточнее г. Минска, севернее г. пос. Осиповичи, восточнее г. пос. Березино, несколько южнее г. Шклова и севернее г. Мстиславля. Отсутствует он только на небольших участках в приподнятой полосе Белорусского массива (районы дер. Бол. Жуховичи, г. пос. Копыль, г. пос. Ст. Дороги и др.), Полесской седловины (г. пос. Микашевичи, г. пос. Житковичи) и на самом юге БССР в пределах северного склона Украинского кристаллического щита (дер. Глушковичи Лельчицкого района). Перекрывается водоносный комплекс палеогеновыми и неогеновыми, а там, где они отсутствуют, четвертичными отложениями.

Водовмещающие породы горизонта представлены белым писчим мелом и серыми, желтовато-серыми и темно-серыми мергелями, с редкими прослоями глин и мелкозернистых песков маастрихтского, кампанского, сантонского, коньякского и туронского ярусов. Литологически мергельно-меловая толща маастрихт-туронского возраста является относительно выдержанной на всей площади ее распространения. Мел и мергели сами по себе слабо водопроницаемы или практически водо непроницаемы. Циркуляция подземных вод в этих породах осуществляется по трещинам и карстовым пустотам, степенью и характером которых определяется водообильность мергельно-меловых пород. Распределение трещин и пустот в мергельно-меловых породах рассматри-

ваемой территории неравномерное и поэтому на одних участках они обводнены сильно, на других водоносность проявляется слабо или мергельно-меловые породы являются практически безводными.

Наблюдениями установлено, что наибольшая трещиноватость и закарстованность мергельно-меловых пород наблюдается в речных долинах, с удалением от которых характер трещиноватости меняется и закарстованность постепенно затухает.

Мощность водовмещающих отложений сенон-туронского водоносного горизонта колеблется в широких пределах. На площади Белорусского массива и Полесской седловины, занимающих южные районы Минской, восточные районы Гродненской и Брестской и западные районы Могилевской и частично Гомельской областей, она варьирует от нескольких метров до 35—44 м; в среднем она не превышает 20—25 м. В пределах восточных районов Могилевской области мощность сенон-туронского водоносного горизонта весьма неравномерна, но распространенные мощности колеблются от 15 до 20 м. В сторону Брестской впадины западного склона Белорусского массива и Припятской впадины мощность водоносного горизонта резко возрастает. В пределах западных районов Гродненской и Брестской областей она достигает: 97,0 м в районе Гродно, 103 м в г. пос. Индуре, 87,0 м в г. Пружаны, 117,0 м в г. Кобрине, 142,5 м в г. Бресте, 166,0 м в г. Высоком, 179,0 м в дер. Новоселки Каменецкого района и 180—241 м на юге Брестского района (деревни Бродятин и Леплевка). В пределах Припятского артезианского бассейна мощность сенон-туронского горизонта варьирует в широком диапазоне. В сводовых частях структур второго порядка мощность его не превышает 5—10 м (г. пос. Колаткевичи), в межкупольных депрессиях она возрастает (89,0 м в районе г. пос. Лельчицы, 108 м в дер. Гридни Наровлянского района и 128,0 м в районе г. пос. Хойники). Максимальные мощности водоносного горизонта приурочены к районам Гомеля — Добруша и достигают 256 м (дер. Поддобрянка Добрушского района).

Глубина залегания сенон-туронского водоносного горизонта на территории БССР как видно колеблется в широких пределах (табл. 17). В бассейне среднего течения р. Сожа, при отметках поверхности земли от 166,0 до 213,0 м абс. высоты, она не превышает 20,6 (г. пос. Костюковичи) — 44,7 м (г. Климовичи) ниже земной поверхности.

Залегая выше меженных уровней рек, он образует по склонам речных долин и оврагов пластовые выходы подземных вод и многочисленные источники, часто с большим дебитом, питающие ручьи и реки. Водами сенон-туронского водоносного горизонта на территории этого района питаются и многие шахтные колодцы.

Относительно высокое положение кровли водоносного горизонта мергельно-меловой толщи сенон-туронских отложений наблюдается и на крайнем юго-западе Брестской области. На правом берегу Зап. Буга у г. Домачево она находится на глубине 26,0 м ниже поверхности земли или на отметке 124,0 м над уровнем моря. На остальной площади распространения сенон-туронского водоносного горизонта глубина залегания его кровли варьирует от 33,0 м на водоразделе рек Днепра и Березины (ст. Красный Берег) до 159,35 м в правобережной части р. Немана (г. пос. Острына). В пределах древней долины р. Немана (Гродно—Мосты) глубина залегания водоносного горизонта сенон-туронских отложений достигает 223,0—237,0 м ниже поверхности земли (абс. отм. 80—31 м).

Наиболее высокие отметки пьезометрических уровней сенон-туронского водоносного горизонта в границах БССР отмечаются на площади Белорусского массива и восточных его склонов, охватывающих восточ-

Таблица 17

Основные гидрогеологические данные по сенон-туронскому водоносному горизонту

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Город Лида Лидского р-на	$\frac{127,0}{145,0}$	116,20	18,00	30,8	16,00	129,00	$\frac{14,00}{11,00}$	1,27
Город Гродно (правый берег р. Немана) кирпичный завод № 20	$\frac{146,6}{152,0}$	55,30	96,70	97,22	16,50	135,50	$\frac{7,90}{40,00}$	0,20
С-х «Победа» Волковыского р-на	$\frac{182,0}{156,0}$	105,00	51,00	77,00	1,50	154,50	$\frac{7,50}{58,50}$	0,12
Город Слоним Слонимского р-на	$\frac{198,0}{134,0}$	96,0	38,50	44,00	Самоизлив	134,50	$\frac{14,80}{40,00}$	0,37
Город Пружаны Пружанского р-на	$\frac{188,4}{153,0}$	95,30	62,10	87,10	3,50	154,50	$\frac{2,5}{46,50}$	0,05
Дер. Самойловичи Березовского р-на, известковый завод № 6	$\frac{163,0}{156,0}$	102,00	54,00	60,00	11,00	145,00	$\frac{30,00}{7,00}$	4,30
Город Брест, горводопровод	$\frac{300,0}{135,0}$	57,50	77,5	142,50	6,00	129,00	$\frac{16,67}{10,86}$	1,53
Г. пос. Домачево Брестского р-на	$\frac{43,0}{150,0}$	26,00	124,00	17,00	3,50	146,50	$\frac{17,20}{4,00}$	4,30
Город Кобрин Кобринского р-на	$\frac{200,0}{140,0}$	83,00	57,00	117,00	4,50	135,50	$\frac{40,00}{6,50}$	6,90
Город Пинск Пинского р-на	$\frac{74,0}{134,50}$	35,00	99,50	38,00	3,00	131,50	$\frac{60,00}{10,00}$	6,00
Город Барановичи Барановичского р-на	$\frac{168,0}{193,15}$	140,00	53,15	28,00	11,00	182,15	$\frac{28,60}{11,00}$	2,60
Дер. Покрашево Слуцкого р-на	$\frac{109,0}{270,0}$	91,83	78,17	17,17	6,00	164,00	$\frac{32,50}{13,50}$	2,10
Дер. Сутня Пуховичского р-на, с-х «Залог пятилетки»	$\frac{81,48}{159,0}$	71,50	87,50	6,71	2,10	156,90	$\frac{7,80}{4,70}$	1,66
Г. пос. Туров Житковичского р-на	$\frac{144,0}{126,0}$	75,00	51,00	39,02	6,00	120,00	$\frac{14,40}{6,00}$	2,40
Ст. Уречье Слуцкого р-на	$\frac{119,80}{150,0}$	95,10	54,90	19,90	3,60	146,40	$\frac{18,50}{2,50}$	2,05

Продолжение табл. 17

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
С-х им. В. И. Ленина Бобруйского р-на	$\frac{85,50}{145,0}$	67,50	77,50	17,50	4,50	140,50	$\frac{14,80}{10,50}$	0,39
Ст. Красный Берег Жлобинского р-на	$\frac{-91,25}{142,00}$	53,60	88,40	36,40	4,10	137,90	$\frac{5,08}{10,60}$	0,48
Город Дрибин Горковского р-на	$\frac{37,50}{164,00}$	34,00	130,00	3,50	15,00	149,00	$\frac{7,20}{\text{нет свед.}}$	—
Город Чаусы Чаусского р-на	$\frac{60,00}{160,00}$	31,00	129,00	29,00	26,00	134,00	$\frac{4,68}{\text{нет свед.}}$	—
Город Мстиславль Мстиславльского р-на	$\frac{88,61}{194,5}$	79,50	115,00	9,11	43,00	151,50	$\frac{4,68}{5,00}$	0,93
Город Климовичи Мстиславльского р-на	$\frac{54,72}{165,0}$	44,72	110,28	10,00	13,00	152,00	$\frac{11,05}{\text{нет свед.}}$	—
Город Костюковичи Костюковичского р-на	$\frac{70,5}{155,0}$	20,60	135,00	49,90	21,75	133,25	$\frac{8,64}{0,10}$	8,64
Город Рогачев Рогачевского р-на	$\frac{154,80}{141,0}$	55,00	86,00	49,45	3,48	132,52	$\frac{10,58}{4,3}$	2,47
Город Жлобин Жлобинского р-на	$\frac{108,0}{137,0}$	55,0	82,00	38,00	5,10	131,90	$\frac{10,70}{2,80}$	3,80
Г. пос. Паричи Светлогорского р-на	$\frac{74,0}{140,0}$	58,00	82,00	15,50	—	—	15,70	—
Г. пос. Чечерск Буда-Кошелевского р-на	$\frac{51,74}{140,0}$	25,00	115,00	25,75	6,50	133,50	$\frac{23,76}{1,10}$	21,60
Г. пос. Буда-Кошелево Буда-Кошелевского р-на	$\frac{103,7}{145,0}$	45,00	100,00	58,70	6,50	138,50	$\frac{14,76}{7,50}$	1,90
Город Речица Речицкого р-на	$\frac{130,0}{135,0}$	89,70	45,30	27,30	16,00	119,00	$\frac{24,80}{2,80}$	8,80
Город Гомель (горводопровод) Гомельского р-на	$\frac{100,0}{121,20}$	36,20	85,20	155,80	5,62	115,58	$\frac{180,00}{13,20}$	13,60

ные районы Могилевской области. В скважинах, расположенных на Новогрудской возвышенности и ее склонах, охватывающих центральную часть Белорусского массива, они достигают 182,0 (г. Барановичи) — 245,0 м (г. Новогрудок) над уровнем моря. В пределах Копыльской конечноморенной гряды пьезометрический уровень сенон-туронского водоносного горизонта держится на отметках 160—164 м. На остальной площади массива они находятся на отметках 154,0—158,0 м абс. высоты. Пьезометрические уровни этого водоносного горизонта имеют отметки 149,0—152,0 м над уровнем моря.

На запад, юг и юго-восток от Белорусского массива фиксируется снижение пьезометрической поверхности сенон-туронского водоносного горизонта. В пределах Брестской впадины она снижается до 135,5 м над уровнем моря в г. Гродно и до 129,0 м в г. Бресте. В Припятской впадине отметки пьезометрических уровней понижаются до 120,0 м в г. Турове, до 119,0 м в г. Речице и до 115,0—116,0 м над уровнем моря в городах Гомеле и Ново-Белице. На фоне общего снижения пьезометрические поверхности сенон-туронского водоносного горизонта в сторону впадин падение пьезометрических уровней наблюдается и к долинам рек Зап. Буга, Припяти, Днепра, Сожа, что свидетельствует о дренировании этого горизонта долинами указанных рек.

Наблюдением за уровнем режимом подземных вод в скважинах Гомеля установлена тесная и непосредственная связь подземных вод сенон-туронского водоносного горизонта с водами р. Сожа. Подъем горизонта воды в р. Сож весной 1940 г. довольно быстро сказался на повышении уровня подземных вод в скважинах Гомельского городского водозабора. При достижении горизонта воды в р. Соже выше пола шахты скважины вода из скважины стала переливаться через край трубы, заполнив шахту до отметки уровня воды в р. Соже. При колебании горизонта воды в р. Соже в районе г. Кричева от 141,0 до 144,5 м абс. высоты уровень воды в скважинах, доведенных до водоносного горизонта сенон-туронских отложений, расположенных в 45—90 м от русла реки, колеблется от 141,5 до 145,0 м над уровнем моря (Богомоллов, 1947).

Аналогичная картина наблюдалась и в скважинах Пинского городского водозабора, расположенных на берегу р. Пины. Подъем уровня воды в р. Пине во всех случаях вызывает подъем уровня воды в скважинах, которыми эксплуатируется сенон-туронский водоносный горизонт.

Питание водоносного горизонта сенон-туронских отложений осуществляется разными путями.

В бассейне верхнего течения рек Сожа и Припяти, где мергельно-меловые породы сенон-туронских отложений выступают на поверхность или перекрываются маломощным чехлом песчаных, хорошо водопроницаемых отложений, питание сенон-туронского водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и временных поверхностных водотоков. На остальной территории питание водоносного горизонта происходит путем перетекания подземных вод из неоген-палеогенового водоносного комплекса или из вышележащих водоносных горизонтов четвертичной толщи. В Припятской впадине сенон-туронский водоносный горизонт получает частичное питание и за счет подтока подземных вод из нижележащих водоносных горизонтов мезозойских и палеозойских отложений, что в ряде мест, как уже отмечалось выше, оказывает заметное влияние на их химический состав и общую минерализацию.

На территории БССР водоносный горизонт сенон-туронских отложений эксплуатируется многими скважинами. Особенно широко он

используется на юго-востоке Могилевской, на востоке Гомельской и на западе Гродненской и Брестской областей. Некоторые гидрогеологические данные по скважинам, эксплуатирующим воды сенон-туронского водоносного горизонта, приведены в табл. 17.

Из таблицы видно, что водоносный горизонт сенон-туронских отложений характеризуется весьма изменчивой водообильностью, зависящей от разной трещиноватости и закарстованности мергельно-меловых пород. В западных районах Гродненской и Брестской областей, где трещиноватость и закарстованность мергельно-меловых пород меняется в зависимости от глубины их залегания, дебиты скважин, получающих воду из сенон-туронских отложений, варьируют в широких пределах. На территории Гродненской области они изменяются от 7,9 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 40,0 м (г. Гродно) до 14,0 м³/час при понижении уровня откачкой на 11,0 м от статического (г. Лида).

В северных районах Брестской области дебиты скважин не превышают 2,0 м³/час при понижении уровня на 82 м от статического в районе ст. Ивацевичи и 2,5 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 46,5 м в г. Пружаны. В г. Бресте производительность скважин колеблется от 15 до 16,67 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 9,1—10,86 м. В г. Березе дебит скважины, доведенной до сенон-туронского водоносного горизонта, составлял 30 м³/час при понижении уровня на 7,9 м от статического. В г. Кобрине он достигал 40 м³/час при удельном дебите 6,9 м³/час, а в г. Пинске — 60 м³/час при удельном дебите 6,0 м³/час.

На площади Белорусского массива, занимающего восточные районы Гродненской и Брестской областей, территорию Минской области и западные районы Могилевской и Гомельской областей, дебиты скважин, получающих воду из водоносного горизонта сенон-туронских отложений, колеблются от 5,88 до 18,5 м³/час при понижении уровня на 4,7—10,6 м.

Исключение представляют лишь скважины в районе г. Барановичи и дер. Покрышево Гресского района, производительность которых достигает 28,6—32,5 м³/час с удельными дебитами от 2,10 до 2,60 м.

В левобережной части Днепра, охватывающей восточные районы Могилевской и Гомельской областей, производительность скважин варьирует от 4,68 до 24,8 м³/час. В городах Гомеле и Ново-Белице при фильтрах диаметром 150—200 мм она составляла от 33 до 46 м³/час, с понижением уровня на 2—3 м от статического, т. е. удельные дебиты скважин достигли 15 м³/час. Исключительный по величине дебит получен скв. 3 городского водопровода, расположенной на берегу р. Сожа. При фильтре диаметром 250 мм дебит ее достигал 180 м³/час с понижением уровня воды на 13,2 м от статического. Значительной водообильностью сенон-туронский водоносный горизонт характеризуется и в районе г. Кричева. Дебит скважины, расположенной в центре старого мелового карьера кричевского цементного завода (вблизи р. Сожа), достигал 100 м³/час при понижении статического уровня на 6,0 м (Богомолов, 1947).

Анализ приведенных данных показывает, что наибольшим водообилием характеризуются скважины, расположенные вблизи речных долин Днепра, Сожа, Беседи, Припяти, Буга и других рек, что объясняется большой трещиноватостью и закарстованностью мергельно-меловых пород. О происходивших здесь карстообразовательных процессах свидетельствуют многочисленные карстовые воронки на первых и вторых надпойменных террасах рек Сожа, Беседи, Зап. Буга и др.

В пределах Припятского артезианского бассейна дебиты скважин обычно не превышают 14,4 (г. Туров) — 24,80 м³/час (г. Речица) при понижении уровня на 2,8—6,0 м от статического.

На территории БССР подземные воды сенон-туронского водоносного горизонта характеризуются малой минерализацией и относятся к типу гидрокарбонатно-кальциевых вод, химический состав которых освещается данными анализов, сведенных в табл. 18.

В Припятской впадине, где по зонам тектонических разломов происходит разгрузка высокоминерализованных вод палеозойских отложений, подземные воды сенон-туронского водоносного горизонта нередко обогащаются хлоридами натрия и приобретают четко выраженные черты хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 4,2—6,4 г/л и более. Так, например, в долинах р. Птичи, к югу от г. Глусска, в результате подтока минерализованных вод палеозойских отложений, подземные воды сенон-туронских отложений имеют относительно высокую минерализацию, достигающую 4,2 г/л и более (табл. 18) и относятся к типу хлоридно-натриевых вод.

В скважине с-х «Речица» (дер. Остров) Речицкого района, расположенного вблизи зоны тектонических разломов, ограничивающих Припятскую впадину с севера, подземные воды сенон-туронских отложений относятся к хлоридно-натриевому типу с минерализацией 6,4 г/л (см. табл. 18). Повышенная минерализация подземных вод сенон-туронских отложений наблюдается также в долине Случи, к югу от дер. Милевичи Лунинецкого района, в долине Припяти к югу от г. Петрикова, в долине Словечно к западу от ст. Словечно и в ряде других пунктов, что свидетельствует о значительном влиянии разгружающихся минерализованных вод палеозойских отложений на формирование химического состава и общей минерализации подземных вод сенон-туронских отложений.

В санитарном отношении подземные воды сенон-туронского водоносного горизонта характеризуются высокими показателями, позволяющими считать качество этих вод безупречным.

В юго-восточных районах Могилевской, на востоке Гомельской и на западе Брестской областей водоносный горизонт сенон-туронских отложений играет большую роль в водном хозяйстве названных районов. Небольшая глубина залегания (50—100 м), относительно высокая водообильность и вполне удовлетворительное качество подземных вод сенон-туронского горизонта позволяют отнести его, на территории указанных районов, к числу основных водоносных горизонтов.

Сеноманский водоносный горизонт (Сг₂см)

Этот водоносный горизонт развит в южной половине БССР. Границы распространения его в основном совпадают с границей распространения сенон-туронского водоносного горизонта.

Воды этого горизонта заключены в песках и слабосцементированных песчаниках сеноманского яруса, залегающих под мергельно-меловыми породами сенон-туронского яруса или непосредственно под отложениями четвертичного комплекса. Литологически водовмещающие отложения этого горизонта весьма неоднородны. У северной границы распространения они представлены мелкозернистыми, часто пылевато-глинистыми песками, иногда содержащими в нижней своей части включения гравия. На юго-востоке водовмещающие породы сложены средними или крупнозернистыми песками, реже слабосцементированными песчаниками. Местами (район г. Калинковичи) водовмещающие пески замещаются песчаными глинами. На юго-западе района в составе

Таблица 18

Химический состав подземных вод сенон-гуронского водоносного горизонта

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг-экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-марн.)	Σ К	Минерализация воды, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Город Лида, молочно-консервный з-д	28/I 1953 г.	163,0	4,39	4,39	—	мг/л мг-экв мг-экв %	270,00 4,40 87,10	22,21 0,50 9,93	5,50 0,15 2,97	— 5,05 100,00	61,12 3,05 60,41	16,38 1,34 26,53	15,00 0,66 13,06	0,29 — —	— 5,05 100,00	— — 0,25	M _{0,25} — HCO ₃ 87 Ca 60 Mg 26
Дер. Индура, МТС Гродненского р-на	4/XI 1955 г.	202,0—258,0	6,86	6,79	—	мг/л мг-экв мг-экв %	414,80 6,79 97,84	Нет — —	5,12 0,15 2,16	— 6,94 100,00	93,33 4,64 66,85	27,07 2,22 32,00	2,00 0,08 1,15	Сл. — —	— 6,94 100,00	— — 0,34	M _{0,34} — HCO ₃ 98 Ca 67 Mg 32
Город Слоним Слонимского р-на	1956 г.	143,0	2,0	2,00	—	мг/л мг-экв мг-экв %	310,00 5,10 96,40	— — —	7,00 0,19 3,60	— 5,29 100,0	40,00 2,00 37,85	— — —	75,50 3,29 62,19	0,4 — —	— 5,29 100,0	— — 0,28	M _{0,28} — HCO ₃ 96 Na 62 Ca 38
Г. пос. Малорита Брестского р-на, овощесушильный з-д	1958 г.	75,0	3,95	3,95	7,75	мг/л мг-экв мг-экв %	256,20 4,20 86,16	180,0 0,37 7,80	8,00 0,23 4,60	— 4,80 100,0	69,40 3,46 72,08	6,00 0,49 10,21	19,50 0,85 17,71	3,75 — —	— 4,80 100,0	— — 0,41	M _{0,41} — HCO ₃ 36 Ca 72
Город Кобрин Кобринского р-на	17/IX 1954 г.	62,3—82,0	3,23	3,23	7,87	мг/л мг-экв мг-экв %	200,00 3,30 93,50	3,29 0,06 1,70	6,37 0,17 4,80	— 3,53 100,0	56,41 2,74 77,62	6,14 0,49 13,88	7,00 0,30 8,50	0,93 — —	— 5,53 100,0	— — 0,18	M _{0,18} — HCO ₃ 93 Ca 78
Дер. Мотоль Дрогичинского р-на	14/VI 1954 г.	70,0	3,71	3,71	7,20	мг/л мг-экв мг-экв %	256,20 4,20 95,90	— — —	6,50 0,18 4,10	— 4,38 100,0	69,02 3,44 78,54	3,27 0,27 6,16	13,56 0,67 15,30	0,95 — —	— 4,38 100,0	— — 0,22	M _{0,22} — HCO ₃ 96 Ca 79
Дер. Глинна Дрогичинского р-на	18/IV 1957 г.	—	3,80	3,80	7,10	мг/л мг-экв мг-экв %	256,20 4,20 96,56	— — —	5,23 0,15 3,44	— 4,35 100,0	60,00 3,00 68,96	9,76 0,80 18,39	13,00 0,55 12,65	— — —	— 4,35 100,0	— — 0,22	M _{0,22} — HCO ₃ 96 Ca 69
Дер. Поблик Бобрыйского р-на, пойма р. Птичи	15/IX 1938 г.	63,0	17,76	5,62	7,20	мг/л мг-экв мг-экв %	342,80 5,62 8,15	173,3 3,61 5,23	2137,4 59,75 86,62	— 68,98 100,0	221,30 11,04 16,04	81,70 6,72 9,74	1816,31 51,22 74,26	— — —	— 68,98 100,00	— — 4,18	M _{4,18} — Cl 87 Na 74
Дер. Мальковичи Столинского р-на, спиртзавод	12/VI 1958 г.	48,0—60,0	2,20	2,20	—	мг/л мг-экв мг-экв %	140,00 2,2 97,35	— — —	0,70 0,06 2,65	— 2,26 100,0	50,0 2,20 97,35	20,00 0,06 2,65	— — —	— 2,26 100,0	— — 0,21	M _{0,21} — HCO ₃ 97 Ca 97	
Город Кричев Мстиславльского р-на	1937 г.	38,0	4,22	3,71	—	мг/л мг-экв мг-экв %	222,00 3,71 79,44	31,3 0,69 14,77	9,60 0,27 5,78	— 4,67 100,0	73,0 3,67 78,58	6,70 0,55 11,77	10,40 0,45 9,65	0,30 — —	— 4,67 100,0	— — 0,24	M _{0,24} — HCO ₃ 79 Ca 78
Дер. Мозки Быховского р-на	1935 г.	57,0	3,09	3,09	—	мг/л мг-экв мг-экв %	260,5 4,31 85,68	17,28 0,35 6,96	13,44 0,37 7,36	— 5,03 100,0	43,47 2,15 47,7	11,26 0,94 18,70	33,60 1,94 38,60	0,28 — —	— 5,03 100,00	— 0,25 —	M _{0,25} — HCO ₃ 86 Ca 48 Na 39
Г. пос. Краснополье Краснопольского р-на	1939 г.	49,5—61,0	2,86	2,86	Сл. щел.	мг/л мг-экв мг-экв %	195,51 3,19 78,77	6,48 0,13 3,21	26,00 0,73 18,02	— 4,05 100,0	36,03 1,80 44,45	12,84 1,06 26,17	27,00 1,19 29,38	0,17 — —	— 4,05 100,00	— 0,21 —	M _{0,21} — HCO ₃ 78 Ca 44 Na 29 Mg 26
Дер. Селец-Холопеев Рогачевского р-на	15/IV 1954 г.	34,75	6,80	6,80	Сл. щел.	мг/л мг-экв мг-экв %	20,00 6,90 41,82	— — —	280,00 9,60 58,18	— 16,50 100,00	140,00 6,80 41,21	— — —	22,00 9,70 58,79	— — —	— 16,50 100,00	— — 0,65	M _{0,65} — HCO ₃ 42 Cl 58 Na 59 Ca 41
Дер. Луки Жлобинского р-на	1/VI 1957 г.	65,0—90,0	5,17	5,17	Сл. щел.	мг/л мг-экв мг-экв %	348,00 5,70 97,60	— — —	5,00 0,14 2,40	— 5,84 100,00	116,40 5,17 88,53	— — —	15,40 0,67 11,47	— — —	— 5,84 100,00	— — 0,31	M _{0,31} — HCO ₃ 97 Ca 88
Г. пос. Чечерск Буда-Кошелевского р-на	22/X 1958 г.	22,0—75,0	3,00	3,00	—	мг/л мг-экв мг-экв %	200,00 3,30 76,74	— — —	28,00 1,00 23,26	— 4,30 100,00	67,00 3,00 69,77	— — —	30,00 1,30 30,23	0,50 — —	— 4,30 100,00	— — 0,22	M _{0,22} — HCO ₃ 77 Cl 23 Ca 69 Na 30
Дер. Рогань Буда-Кошелевского р-на	1954 г.	70,05—100,00	3,14	3,14	Сл. щел.	мг/л мг-экв мг-экв %	294,40 4,00 96,39	— — —	5,30 0,15 3,61	— 4,15 100,00	63,00 3,14 75,66	— — —	22,77 1,01 24,34	1,00 — —	— 4,15 100,00	— — 0,24	M _{0,24} — HCO ₃ 96 Ca 75 Na 24

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		рН	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
			общая	карбонатная				
Г. пос. Уваровичи Буда-Кошелевского р-на	1959 г.	60,0—80,0	4,51	4,51	Сл. щел.	мг/л	280,00	—
						мг·экв	4,59	—
						мг·экв %	98,92	—
Город Речица Речицкого р-на, спец-госпиталь	23/VI 1947 г.	88,00—117,0	5,50	5,50	Сл. щел.	мг/л	370,40	—
						мг·экв	6,10	—
						мг·экв %	95,61	—
Дер. Остров Речицкого р-на с-х «Речица»	1960 г.	48,00	25,12	4,00	7,3	мг/л	249,40	378,60
						мг·экв	4,00	7,82
						мг·экв %	3,62	7,08
Город Гомель Гомельского р-на	18/IV 1956 г.	43,00—100,00	6,15	6,15	Сл. щел.	мг/л	378,00	—
						мг·экв	6,20	—
						мг·экв %	97,79	—
Город Оресса-Рудня Добрушского р-на	1955 г.	80,0—120,0	2,96	2,96	Сл. щел.	мг/л	216,00	—
						мг·экв	3,55	—
						мг·экв %	96,73	—

водовмещающих отложений преобладают мелкозернистые пески и слабосцементированные песчаники.

Мощность водовмещающих отложений сеноманского водоносного горизонта колеблется в широких пределах. У северной границы их распространения, в пределах Белорусского гидрогеологического массива, она не превышает 5—6 м, реже достигает 7—8 м. В сторону Брестского и Припятского артезианских бассейнов мощность сеноманского водоносного горизонта увеличивается, достигая 24,0 м в г. Сопоткино, 29,0 м в г. Щучине и 19,0—35,5 м в районе г. Бреста и 25—29—10 м в Припятской впадине (ст. Останковичи).

На участках, где мергельно-меловые породы сенон-туронского ярусов отсутствуют, сеноманские водоносные пески нередко сочленяются с предледниковыми песками, значительно увеличивающими общую мощность водосодержащей толщи и ее водообмена.

Нижним водоупором сеноманского водоносного горизонта являются плотные глины древнего палеозоя или наровских слоев живетского яруса среднего девона в области Белорусского гидрогеологического массива, глины нижнего мела, верхней юры, карбона или фаменского яруса верхнего девона в Припятском артезианском бассейне. Водоупорные горизонты, однако, не всегда выдержаны и поэтому местами сеноманские воды имеют тесную гидравлическую связь с водами древнепалеозойских, девонских и юрских отложений. Перекрывается сеноманский горизонт на большей площади своего распространения водоносными породами мергельно-меловой толщи турон-сенонского ярусов и только в северных районах Полесской низменности и местами в области Полесской седловины он залегает непосредственно под водоносными породами палеогеново-неогеновых или только четвертичных отложений.

Питание сеноманского водоносного горизонта происходит в пределах Белорусского и северо-западной части Украинского гидрогеологических массивов. Источником питания этого горизонта являются под-

Продолжение табл. 18

Cl^-	ΣA	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	Fe (сум- марн.)	ΣK	Мини- рали- зация воды, г/л	Формула химического состава воды
1,70	—	72,0	11,50	3,40	0,30	—	—	$M_{0,23} \frac{HCO_3 99}{Ca 77 Mg 20}$
0,05	4,64	3,59	0,92	0,13	—	4,64	—	
1,08	100,00	77,37	19,83	2,80	—	100,00	0,23	
10,00	—	110,00	—	20,50	—	—	—	$M_{0,33} \frac{HCO_3 99}{Ca 86}$
0,28	6,38	5,50	—	0,88	—	6,38	—	
3,39	100,00	86,21	—	13,39	—	100,00	0,33	
3498,0	—	340,10	99,20	1961,80	—	—	—	$M_{6,40} \frac{Cl 89}{Na 77}$
98,64	110,46	16,97	8,15	85,34	—	110,40	—	
89,30	100,00	15,36	7,38	77,26	—	100,00	6,40	
5,00	—	128,00	—	4,10	—	—	—	$M_{0,32} \frac{HCO_3 98}{Ca 97}$
0,14	6,34	6,15	—	0,19	—	6,34	—	
2,21	100,00	97,00	—	3,00	—	100,00	0,32	
4,30	—	59,22	—	16,33	1,00	—	—	$M_{0,19} \frac{HCO_3 97}{Ca 81}$
0,12	3,67	2,96	—	0,71	—	3,67	—	
3,27	100,00	80,65	—	19,35	—	100,00	0,19	

земные воды, поступающие из вышележащих водоносных горизонтов, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений. На северном склоне Украинского кристаллического щита питание этого горизонта осуществляется за счет атмосферных вод, которые поглощаются сеноманскими песками в местах их выходов на поверхность. В пределах Припятского артезианского бассейна питание сеноманского горизонта осуществляется частично и за счет подтока воды из нижележащих водоносных горизонтов мезозойских и палеозойских отложений.

Подземные воды сеноманского водоносного горизонта широко используются буровыми скважинами на западе Белоруссии, в пределах западных районов Гродненской и Брестской областей и в юго-восточной части БССР, охватывающей юго-восточные районы Могилевской и восточные районы Гомельской областей. На остальной территории воды этого горизонта эксплуатируются небольшим числом скважин. Основные гидрогеологические данные по скважинам, эксплуатирующим подземные воды сеноманского водоносного горизонта, сведены в табл. 19.

Как видно из таблицы, кровля водоносного горизонта сеноманских отложений залегает наиболее высоко (абс. отм. 80,0—116,0 м) в пределах Западной части Подмосковного артезианского бассейна и в центральной и южной частях Белорусского гидрогеологического массива. В Брестском артезианском бассейне и западной части Белорусского гидрогеологического массива она находится на отметках —25,0—(—65,0 м) абс. высоты и погружается до 116,3—122,9 м ниже уровня моря в северо-западных районах Гродненской области. На юге БССР, в пределах Припятского артезианского бассейна, кровля сеноманского водоносного горизонта фиксируется на отметках 37,0—(—28,8 м) абс. высоты. В юго-восточных районах Гомельской области она опускается на 72—105 м ниже уровня моря.

Пьезометрические уровни в пределах Белорусского гидрогеологического массива и у северо-восточной границы распространения пре-

Таблица 19

Основные гидрогеологические данные по сеноманскому водоносному горизонту

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от по-верхн. земли	абс. отм. кровли		от по-верхн. земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Г. пос. Сопоткин Гродненского р-на, МТС	$\frac{296,0}{149,50}$	272,40	-122,90	24,00	+0,20	149,7	$\frac{40,00}{25,10}$	1,59
Дер. Индура Гродненского р-на, МТС	$\frac{287,40}{\sim 142,0}$	258,30	-116,30	29,10	21,50	120,50	$\frac{3,35}{41,00}$	0,08
Город Щучин Щучинского р-на	$\frac{248,0}{137,0}$	199,00	-62,00	29,00	13,00	124,00	$\frac{19,00}{55,00}$	0,34
Город Барановичи Барановичского р-на	$\frac{168,0}{193,15}$	140,00	53,15	28,00	11,00	182,15	$\frac{7,94}{11,00}$	0,72
Г. пос. Ганцевичи Ляховичского р-на	$\frac{133,0}{160,0}$	128,40	31,60	4,80	7,00	153,00	$\frac{34,20}{24,20}$	1,40
Город Пружаны Пружанского р-на	$\frac{188,0}{158,0}$	183,00	-25,00	5,00	2,50	155,50	$\frac{-}{-}$	-
Дер. Самойловичи Березовского р-на, известковый завод № 6	$\frac{204,0}{145,0}$	180,00	-35,00	24,00	12,00	133,00	$\frac{33,50}{36,00}$	0,93
Город Брест Брестского р-на, Граевский водозабор	$\frac{220,0}{135,0}$	200,50	-64,50	19,00	10,50	129,00	$\frac{100,00}{3,50}$	28,60
Город Кобрин Кобринского р-на	$\frac{186,00}{140,0}$	171,00	-31,00	12,00	2,20	137,80	$\frac{10,10}{6,0}$	1,80
Г. пос. Ивацевичи Березовского р-на	$\frac{156,0}{150,0}$	141,00	14,00	11,00	6,00	149,00	$\frac{45,00}{14,00}$	3,20
Город Пинск Пинского р-на	$\frac{114,0}{134,00}$	88,00	26,00	9,00	3,00	131,00	$\frac{19,80}{20,00}$	0,99
Ст. Горынь Столинского р-на	$\frac{80,0}{136,0}$	67,70	72,30	11,80	11,50	124,50	$\frac{19,80}{3,50}$	5,60
Ж.-д. ст. Уречье Слуцкого р-на	$\frac{119,8}{\sim 150,0}$	108,00	42,00	2,00	3,00	147,00	$\frac{14,4}{2,50}$	5,7
С-х БВО Любанского р-на	$\frac{135,0}{141,0}$	104,00	37,00	29,20	3,00	138,00	$\frac{4,29}{28,00}$	0,14
Город Бобруйск Бобруйского р-на	$\frac{108,0}{159,0}$	76,00	83,00	12,00	3,70	155,30	$\frac{17,50}{13,30}$	1,30

Продолжение табл. 19

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
С-х «Киселевичи» Бобруйского р-на	$\frac{122,5}{158,0}$	110,8	47,20	6,60	25,50	132,50	$\frac{7,02}{-}$	—
Дер. Елизово Бобруйского р-на	$\frac{137,7}{152,0}$	72,0	80,0	8,45	13,00	139,00	$\frac{12,30}{31,30}$	0,39
С-х «Тетерино» Бельничского р-на	$\frac{72,5}{182,0}$	70,40	111,60	1,60	21,00	161,00	—	—
Город Могилев Могилевского р-на	$\frac{76,80}{159,72}$	44,25	115,47	9,10	15,10	144,22	$\frac{4,25}{-}$	—
Дер. Колос Могилевского р-на, Гребеневский с-х	$\frac{83,5}{178,0}$	71,80	106,20	4,50	35,00	143,00	—	—
Дер. Хочинка Быховского р-на	$\frac{92,95}{156,0}$	71,70	84,30	21,25	4,35	151,65	—	—
Город Костюковичи Костюковичского р-на	$\frac{89,0}{166,0}$	81,90	84,10	7,10	9,80	156,20	$\frac{12,30}{0,2}$	61,50
Город Рогачев Рогачевского р-на	$\frac{154,80}{141,00}$	95,45	45,55	8,15	3,48	137,52	$\frac{27,36}{11,52}$	2,30
Город Жлобин Жлобинского р-на	$\frac{106,0}{137,0}$	93,00	44,00	9,94	12,00	125,00	$\frac{11,25}{14,50}$	0,80
Дер. Салтановка Речицкого р-на	$\frac{118,80}{128,0}$	109,70	18,30	3,30	3,70	124,30	$\frac{13,01}{\text{нет свед.}}$	—
Ж.-д. ст. Останковичи Светлогорского р-на	$\frac{198,3}{152,5}$	181,35	—28,85	11,27	18,50	134,00	$\frac{14,76}{\text{нет свед.}}$	—
Ж.-д. ст. Костюковка Гомельского р-на	$\frac{255,72}{135,91}$	191,60	—55,71	18,90	2,95	132,05	$\frac{47,20}{18,30}$	2,50
Город Гомель (горводопровод) Гомельского р-на	$\frac{241,25}{136,26}$	208,08	—72,82	26,52	13,20	123,06	$\frac{94,30}{39,3}$	2,40
Город Ново-Белица Гомельского р-на	$\frac{258,35}{125,0}$	230,58	—105,58	21,00	4,60	120,40	$\frac{25,00}{13,20}$	1,89

вышают 150—160 м и достигают местами (г. Барановичи) 182,15 м абс. высоты. На запад и юго-запад они снижаются до 120,0 (г. пос. Индура) — 129,0 м (г. Брест), а на юг и юго-восток — до 124,0 (ст. Горынь) — 123,0—120,0 м (города Гомель и Ново-Белица) над уровнем моря.

Производительность отдельных скважин колеблется в весьма широких пределах. У северной границы распространения водоносного горизонта, где водовмещающие его отложения сложены мелкозернистыми, местами глинистыми песками, дебиты скважин не превышают 4,25 (район г. Могилева) — 7,02 м³/час (с-х «Киселевичи»). Далее на юг, в пределах Белорусского гидрогеологического массива, производительность отдельных скважин увеличивается до 12,3—14,4 м³/час с понижением уровня 2,5—31,3 м от статического и достигает в отдельных пунктах (ст. Ганцевичи) 34,2 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 24,2 м. Особенно высокая водообильность скважин, использующих сеноманский водоносный горизонт, наблюдается в пределах западных склонов Белорусского гидрогеологического массива, Брестского и Припятского артезианского бассейнов.

Наиболее водообильными в районе Припятской впадины являются скважины городов Гомеля и Ново-Белицы. По данным городского водопровода, дебиты отдельных эксплуатационных скважин достигают 94,3 м³/час при понижении уровня на 39,3 м от статического. Водообильными являются и скважины в районе ст. Костюковичи, дебиты которых достигают 47 м³/час и более при понижении пьезометрического уровня на 18,3 м.

Подземные воды сеноманского водоносного горизонта имеют малую минерализацию (0,11—0,51 г/л) и относятся к типу гидрокарбонатно-кальциевых или гидрокарбонатно-кальциево-натриевых вод (табл. 20). Исключение представляют лишь воды близ зоны тектонических разломов в пределах Припятской впадины, где в результате разгрузки высокоминерализованных хлоридно-натриевых вод палеозойских отложений происходит обогащение их солями хлористого натрия и переход в хлоридно-натриевый тип с минерализацией до 6—8 г/л и более (долина р. Птичи).

С санитарной точки зрения подземные воды сеноманского водоносного горизонта характеризуются безупречным качеством для хозяйственно-питьевого водоснабжения. На территории Гомельской, в южных районах Могилевской и Минской областей, а также в западных районах Брестской и Гродненской областей подземные воды этого горизонта играют большую роль в водоснабжении населенных пунктов и промышленных предприятий этих областей. Значительные ресурсы и высокое качество подземных вод сеноманского водоносного горизонта позволяют считать его на территории указанных районов одним из наиболее надежных источников водоснабжения с крупным водопотреблением.

Нижнемеловой водоносный горизонт (C₁)

Нижнемеловой водоносный горизонт распространен на территории крайних юго-восточных районов Белоруссии. Северная граница его распространения проходит несколько южнее г. Костюковичи, севернее г. пос. Корма, г. Чечерска и г. пос. Буда-Кошелево, южнее г. Жлобина, севернее г. пос. Светлогорска, через г. пос. Озаричи, несколько восточнее городов Мозыря и Ельска и далее на восток вдоль р. Словечны до г. Припяти, где она резко поворачивает на юг, проходя по левому берегу Припяти до южных границ республики.

Водовмещающими породами водоносного комплекса являются пески, светло- и темно-серые, местами почти черные, мелко-, реже среднезернистые, кварцевые, часто слюдистые, иногда глауконитовые. Среди песков встречаются прослои слабосцементированных песчаников и глин мощностью до 1,5—3,0 м. Суммарная мощность водовмещающих песков колеблется от 9,8 до 32,8 м. Изменение мощности наблюдается с севера на юг и с запада на восток, к оси мезозойской впадины, где она достигает наибольших значений.

Водоупором нижнемелового водоносного комплекса являются невыдержанные по площади глины нижнего мела. Перекрывается водоносный горизонт также не всегда выдержанными по простирацию глинами апт-неокома. В ряде же мест (р-н г. Гомеля и др.) водовмещающие отложения нижнемелового водоносного комплекса залегают непосредственно под водоносными песками сеноманского водоносного горизонта верхнего мела, что и обуславливает между ними гидравлическую связь. Кровля водоносного комплекса залегает на глубинах от 210 до 250 м и более. Погружение кровли наблюдается с севера на юг и с запада на восток в сторону мезозойской впадины.

На рассматриваемой территории нижнемеловой водоносный комплекс был вскрыт многими поисково-разведочными скважинами, но ни в одной из них не был опробован откачкой.

Учитывая, что водовмещающие отложения представлены в основном мелкозернистыми часто глинистыми песками небольшой мощности, нижнемеловой водоносный комплекс характеризуется невысокой водообильностью.

В северной части своего распространения подземные воды нижнемелового водоносного комплекса находятся в условиях активного водообмена с поверхностью и поэтому имеют малую минерализацию и относятся к типу гидрокарбонатно-кальциевых вод. В южном направлении, где условия водообмена вследствие погружения водоносного комплекса на большую глубину затруднены, подземные воды могут иметь повышенную минерализацию.

Большая глубина залегания водоносного комплекса и относительно малая его водообильность снижают практическое значение подземных вод этого водоносного комплекса как возможного источника водоснабжения.

Верхне-и среднеюрский водоносный комплекс (J_{3+2})

Отложения юрского возраста распространены на западе БССР, в пределах западной части Белорусского гидрогеологического массива и Брестского артезианского бассейна, занимая относительно небольшую площадь западных районов Гродненской и Брестской областей и на юго-востоке Белоруссии, где они имеют более широкое развитие, особенно на территории Припятского и западной части Подмосковного артезианских бассейнов, охватывающих юго-восточные районы Могилевской и территорию Гомельской областей. Водосодержащими породами юрских отложений являются трещиноватые, местами кавернозные разности известняков, слабосцементированные песчаники и средние и мелкозернистые, нередко глинистые пески, залегающие в нижней части разреза или в толще глин в виде маломощных прослоев.

В западной части Белорусского гидрогеологического массива и Брестского артезианского бассейна подземные воды юрских отложений содержатся в трещиноватых и кавернозных известняках и мергелях келловейского и оксфордского ярусов верхней юры, а также в песчаниках и песках батского и байосского ярусов среднего отдела, образуя

Химический состав подземных вод

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
			общая	карбонатная				
Дер. Индура Гродненского р-на	16/VI 1955 г.	273,0	6,67	6,67	—	мг/л мг·экв мг·экв %	451,4 7,39 96,98	Нет — —
Город Брест Брестского р-на	21/V 1958 г.	198,5—203,0	5,18	5,18	—	мг/л мг·экв мг·экв %	340,0 5,60 98,07	Нет — —
Г. пос. Ивацевичи Березинского р-на	1962 г.	152,0	2,12	1,90	—	мг/л мг·экв мг·экв %	120,00 1,90 87,16	— — —
Город Барановичи Барановичского р-на	12/II 1962 г.	190,0	9,0	9,0	7,50	мг/л мг·экв мг·экв %	622,80 10,20 99,22	0,80 0,02 0,20
Город Кричев Мстиславльского р-на, цементный з-д	23/XI 1938 г.	—	4,73	4,59	—	мг/л мг·экв мг·экв %	279,90 4,59 92,36	9,90 0,21 4,22
Дер. Хочинка Бы- ховского р-на	17/XI 1935 г.	71,70—92,95	2,73	2,73	—	мг/л мг·экв мг·экв %	226,70 3,73 90,31	8,22 0,17 4,12
Дер. Демехи Ре- чицкого р-на	1955— 1956 гг.	71,0—112,5	2,53	2,53	Сл. щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	180,00 2,95 93,06	— — —
Дер. Бобовичи Го- мельского р-на	19/VI 1958 г.	247,6—255,0	4,39	4,39	Сл. щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	396,00 6,50 93,58	— — —
Город Гомель Го- мельского р-на, двор мехмастер- ской Водоканал- треста	1956 г.	175,0—218,0	5,48	5,48	7,25	мг/л мг·экв мг·экв %	360,00 5,90 96,72	4,60 0,10 1,64
Город Гомель Го- мельского р-на, ул. Энгельса	1937 г.	217,0	4,46	4,46	—	мг/л мг·экв мг·экв %	390,00 6,40 95,81	2,50 0,05 0,75
Город Ново-Бели- ца	1935 г.	226,0—250,0	5,04	5,04	7,25	мг/л мг·экв мг·экв %	329,0 5,40 92,62	9,70 0,20 3,43

Т а б л и ц а 20

сеноманского водоносного горизонта

Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум- марн.)	Σ К	Мине- рали- зация воды, г/л	Формула химического состава воды
8,20 0,23 3,02	— 7,62 100,00	100,8 5,03 66,01	20,00 1,64 21,52	22,00 0,95 12,47	1,00 — —	— 7,62 100,00	— — 0,38	M _{0,38} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 97}}{\text{Ca 66 Mg 21}}$
3,80 0,11 1,93	— 5,71 100,00	110,00 5,18 90,72	— — —	12,00 0,53 9,28	— — —	— 5,71 100,00	— — 0,29	M _{0,29} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 98}}{\text{Ca 91}}$
10,00 0,28 12,84	— 2,18 100,00	43,00 2,12 97,25	— — —	1,00 0,06 2,75	0,30 — —	— 2,18 100,00	— — 0,11	M _{0,11} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 87}}{\text{Ca 97}}$
2,40 0,06 0,58	— 10,28 100,00	144,20 7,20 70,04	21,80 1,80 17,51	29,20 1,28 12,45	1,39 — —	— 10,28 100,00	— — 0,51	M _{0,51} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 87}}{\text{Ca 70}}$
6,00 0,17 3,42	— 4,97 100,00	80,00 3,99 80,28	9,60 0,74 14,89	5,50 0,24 4,83	— — —	— 4,97 100,00	— — 0,25	M _{0,25} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 92}}{\text{Ca 80}}$
8,00 0,23 5,57	— 4,13 100,00	36,60 1,83 44,31	11,00 0,90 21,79	32,30 1,40 33,90	0,47 — —	— 4,13 100,00	— — 0,21	M _{0,21} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 90}}{\text{Ca 44 Na 34 Mg 22}}$
8,40 0,22 6,94	— 3,17 100,00	31,00 2,53 79,81	— — —	15,00 0,64 20,19	1,00 — —	— 3,17 100,00	— — 0,15	M _{0,15} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 93}}{\text{Ca 79 Na 20}}$
16,00 0,45 6,47	— 6,95 100,00	88,00 4,39 63,17	— — —	58,86 2,56 36,83	0,80 — —	— 6,95 100,00	— — 0,36	M _{0,36} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 93}}{\text{Ca 63 Na 37}}$
3,50 0,10 1,64	— 6,10 100,00	93,30 4,70 77,05	9,50 0,78 12,79	14,26 0,62 10,16	2,55 — —	— 6,10 100,00	— — 0,31	M _{0,31} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 97}}{\text{Ca 77}}$
8,00 0,23 3,44	— 6,68 100,00	72,10 3,60 53,89	10,50 0,86 12,87	51,06 2,22 33,24	0,75 — —	— 6,68 100,00	— — 0,34	M _{0,34} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 95}}{\text{Ca 54 Na 33}}$
8,00 0,23 3,95	— 5,83 100,0	89,80 4,48 76,84	6,80 0,56 9,61	18,00 0,78 13,55	2,46 — —	— — 100,00	— — 0,30	M _{0,30} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 93}}{\text{Ca 77}}$

мощный и довольно водообильный водоносный горизонт напорных вод. Мощность водоносного горизонта варьирует в широких пределах. В дер. Грицки Волковыского района она не превышает 13,6 м, в г. Кобрине — 14,25 м. В западном направлении мощность водоносного горизонта резко возрастает. В дер. Лососно она составляет 36,0 м, в г. Гродно превышает 44,0 м, в г. Бресте — 62,0 м, а в дер. Леплевке, расположенной к югу от Бреста, достигает более 86,0 м.

Нижним водоупором верхне- и среднеюрского водоносного комплекса являются не всегда выдержанные по площади глины батского яруса средней юры или триаса, элювий коры выветривания или плотные зеленовато-серые мергели силура. В г. Кобрине и в некоторых других пунктах водовмещающие породы верхне- и среднеюрского горизонта залегают непосредственно на водоносных песчаниках среднего кембрия.

Воды верхне- и среднеюрского водоносного комплекса обладают значительным напором, поднимаясь на 171,0—275,0 м над кровлей пласта. Пьезометрические уровни находятся на отметках 112,8—130,7 м абс. высоты в районе г. Гродно, 158,3 м в дер. Грицки Волковыского района и 132—137,0 м в районе г. Бреста. Вблизи г. Гродно в долине Немана юрские воды дают самоизливающуюся воду, поднимаясь до 20,8 м выше поверхности земли (дер. Лососно).

На территории западных районов Гродненской и Брестской областей верхне- и среднеюрский водоносный комплекс вскрыт и используется многими буровыми скважинами. Основные гидрогеологические данные по скважинам, вскрывшим и эксплуатирующим этот водоносный комплекс, сведены в табл. 21.

Как видно из таблицы, высокое положение верхне- и среднеюрский горизонт занимает в районе г. Кобрина (абс. отм. 34,75 м ниже уровня моря) и дер. Субачи Волковыского района (абс. отм. 31,0 м ниже уровня моря). На запад от г. Кобрина и северо-запад от дер. Субачи кровля водоносного горизонта резко погружается, снижаясь до 102 м в г. Бресте и 145—155 м ниже уровня моря в районе г. Гродно.

Производительность отдельных скважин, эксплуатирующих подземные воды верхне- и среднеюрского водоносного горизонта, колеблется в широких пределах.

Близ восточной границы распространения водоносного комплекса дебиты скважин не превышают 18,0 (дер. Каменка) — 23,8 м³/час (дер. Субачи). В западном направлении производительность отдельных скважин увеличивается, что объясняется изменением мощности известняков и песчаников. Особенно высокой водообильностью водоносный горизонт юрских отложений характеризуется в районе г. Гродно. В дер. Лососно, расположенной на первой надпойменной террасе р. Немана, скважина давала самоизливом до 78 м³/час. Скважины г. Гродно, получающие воду из верхне- и среднеюрского водоносного комплекса, имеют дебиты до 80—100 м³/час, с понижением пьезометрического уровня на 8,0—10,7 м, т. е. удельные дебиты достигают здесь 9,3—10,0 м³/час. Высокий удельный дебит (10,8 м³/час) получен и скважиной сахарного завода в районе г. Жабинки, а также в районе г. Каменец, где он достигал 54 м³/час при понижении уровня на 1,0 м. В г. Бресте скважина городского водозабора, вскрывшая обломочные известняки и карбонатные песчаники, имеет дебит 23,0 м³/час с понижением уровня на 21,0 м от статического, т. е. удельный дебит не превышает 1,1 м³/час.

В западной части Подмосковного артезианского бассейна и на востоке Белорусского гидрогеологического массива юрские отложения сложены преимущественно глинами средне- и нижнекембрийского

Таблица 21

Основные гидрогеологические данные по верхне-среднеюрскому водоносному комплексу

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья, м (знаменатель)	от по-верхн. земли	абс. отм. кровли		от по-верхн. земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Город Гродно Гродненского района	$\frac{340,0}{140,0}$	285,0	-145,0	44,0	9,3	130,70	$\frac{100,0}{10,7}$	9,34
Дер. Лососна Гродненского р-на	$\frac{324,15}{92,0}$	247,20	-155,2	39,0	+20,8	112,8	$\frac{78,0}{20,8}$	3,7
Дер. Каменка Гродненского р-на	$\frac{300,0}{135}$	260,0	-125,0	34,0	15,0	120,0	$\frac{18,0}{10,0}$	1,8
Дер. Грицки Волков-ского р-на	$\frac{318,0}{185,0}$	244,8	-59,8	13,60	27,6	158,3	$\frac{22,0}{5,83}$	3,77
Дер. Субачи Волков-ского р-на	$\frac{253,0}{210,0}$	241,0	-31,0	>12,0	11,0	199,0	$\frac{23,8}{25,0}$	0,91
Город Каменец Брест-ской обл.	$\frac{280,0}{}$	230,0		50,0	19,0		$\frac{54,0}{1,0}$	54,0
Город Брест Брестско-го р-на	$\frac{300,0}{135,0}$	237,0	-102,3	62,7	3,0	132,0	$\frac{23,0}{21,0}$	1,1
Город Жабинка Коб-ринского р-на	$\frac{245,0}{139,0}$	205,0	-66,0	40,0	6,15	132,85	$\frac{45,0}{4,15}$	10,8
Город Кобрин Кобрин-ского р-на (пивзавод)	$\frac{189,0}{140,0}$	174,75	-34,75	14,25	3,0	137,0	—	—
С-х «Замошье» Слуц-кого р-на	$\frac{126,7}{172,0}$	112,40	59,6	11,11	20,0	152,0	$\frac{7,92}{10,0}$	0,79
Город Чериков Крас-нопольского р-на	$\frac{141,0}{160,0}$	136,0	23,7	4,7	22,35	137,65	$\frac{6,52}{}$ нет свед.	—
Город Речица Речиц-кого р-на	$\frac{217,0}{121,0}$	150,0	-29,0	12,0	0,00	121,0	$\frac{36,0}{24,0}$	1,5
Город Гомель Гомель-ского р-на	$\frac{428,0}{129,12}$	259,5	-130,38	46,0	3,95	125,17	$\frac{18,30}{23,35}$	0,78

подъярусов мощностью от 12,0 до 85,0 м (г. Костюковичи). Водосодержащие пески в разрезе этих отложений отсутствуют на указанной территории или встречаются в виде маломощных прослоев, составляющих очень небольшой процент в общем разрезе юрской толщи. Поэтому юрские отложения на рассматриваемой территории являются практически безводными. Мощные толщи глин средне- и нижнекембрийского подъяруса на всей этой площади играют роль достаточно выдержанного водоупора, разделяющего подземные воды мезозойских и палеозойских отложений.

На территории Припятского артезианского бассейна и южного склона Белорусского гидрогеологического массива юрские отложения представлены пестрым комплексом пород, в составе которых А. С. Махнач (1957) выделяет две литологически различные толщи: нижнюю — песчано-глинистую и верхнюю известняково-мергелистую. Песчано-глинистая толща мощностью от 6—8 до 100 м (Митянина, 1959), как и в западной части Подмосквовного артезианского бассейна, сложена в основном глинами с прослоями песков и слабосцементированных песчаников. Известняково-мергелистая толща мощностью от нескольких метров до 140 м (Митянина, 1959) имеет менее широкое распространение на юго-востоке Белоруссии и сложена известняками и мергелями, с подчиненными прослоями песков и песчаников в верхней части разреза. Водовмещающими породами этой толщи являются трещиноватые разности песчаников и мелко-, среднезернистые пески. Мощность водовмещающих отложений колеблется в широких пределах, но в изменении ее не наблюдается той закономерности, с которой связано изменение общей мощности юрских отложений, обусловленное геоструктурными особенностями района. Резкие колебания мощности водовмещающих отложений вызываются фаціальными изменениями юрских отложений, в результате которых водовмещающие отложения нередко уменьшаются в мощности или вовсе выклиниваются, замещаясь глинами.

Вследствие частого выклинивания водоносных прослоев они не образуют сколько-нибудь выдержанного по простиранию водоносного горизонта. В пределах Припятского артезианского бассейна и на юге Белорусского гидрогеологического массива подземные воды, заключенные в различных стратиграфических горизонтах юрских отложений, имеют спорадическое распространение и в отличие от западных районов водосодержащие породы характеризуются значительно меньшей водообильностью.

В юго-восточных районах БССР подземные воды юрских отложений используются единичными скважинами. Гидрогеологические данные по этим скважинам сведены в табл. 21.

Как видно из данных таблицы, дебиты скважин колеблются от 6,5 до 36 м³/час, с понижением пьезометрического уровня от 10 до 24,0 м, т. е. удельные дебиты не превышают 0,78—1,5 м³/час.

Питание подземных вод верхне- и среднеюрского водоносного комплекса происходит в пределах Белорусского гидрогеологического массива путем перетекания подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов верхнего мела, неоген-палеогеновых и четвертичных отложений.

Залегая ниже уреза рек, но в зоне интенсивного водообмена, подземные воды юрских отложений имеют малую минерализацию с плотным остатком 0,21—0,37 г/л (табл. 22). Исключение представляют лишь подземные воды районов городов Речицы, Гомеля и других, где минерализация подземных вод составляет 0,49—0,58 г/л. В местах глубокого погружения юрских отложений, как например, в восточной части При-

пятского артезианского бассейна, где юрские отложения погружаются на глубину до 320 м и более, подземные воды могут иметь более высокую минерализацию.

По химическому составу воды юрских отложений в пределах Брестского артезианского бассейна, западной части Белорусского гидрогеологического массива и на большей площади Припятского артезианского бассейна относятся к типу гидрокарбонатно-кальциевых вод. В районе г. Речицы они имеют четко выраженные черты гидрокарбонатно-хлоридно-натриево-кальциевых вод. Как в районе г. Речицы, так и в районе г. Гомеля в формировании химического состава подземных вод этого горизонта большую роль играет подток высокоминерализованных вод триаса и нижележащих горизонтов палеозойских отложений.

В бактериологическом отношении воды юрского водоносного комплекса хорошие. Общая жесткость не превышает 5,56—6,28 мг·экв. В западных районах Брестской и Гродненской областей подземные воды юрских отложений играют большую роль в водном хозяйстве этой территории. Значительные ресурсы подземных вод и хорошее их качество позволяют считать верхне- и среднеюрский водоносный комплекс одним из наиболее надежных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Низкая водообильность юрских отложений в юго-восточных районах Белоруссии и невыдержанность подземных вод по простиранию снижает их роль и значение как возможного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения на этой территории.

Триасовый водоносный комплекс (Т)

Отложения триаса на территории Белоруссии распространены в Припятской и Брестской впадинах, где они занимают относительно небольшую площадь. В разрезе триасовых отложений В. К. Голубцов (1958, 1960), З. М. Невмержицкая (1958, 1963) и другие выделяют три литологически различные толщи: верхнюю — глинистую, среднюю — песчано-глинистую и нижнюю — глинисто-карбонатную.

Верхняя толща сложена пестроцветными плотными глинами мощностью от 2 до 53 м. Средняя — представлена пестроцветными глинами с подчиненными прослоями песков и слабосцементированных песчаников мощностью от 13 до 100 м. Нижняя, глинисто-карбонатная, толща сложена главным образом карбонатными плотными глинами, нередко переходящими в мергели. В толще мергелистых глин иногда встречаются прослои песков и слабосцементированных песчаников. Мощность этой толщи варьирует от 17 до 300 м.

Триасовые отложения, представленные в основном глинами, являются практически безводными. На территории Припятского артезианского бассейна они играют роль регионального водоупора, разделяющего подземные воды мезозойских и палеозойских отложений.

В отдельных пунктах Припятского артезианского бассейна в разрезе триасовых отложений были встречены маломощные и слабоводообильные водоносные прослои невыдержанного распространения. Подземные воды триасовых отложений были опробованы только в одной поисково-разведочной скважине в районе дер. Прудок (скв. 18). По данным М. А. Гатальского (1963), опробование водоносного горизонта в этой скважине производилось на глубинах 539—543 и 551—556 м. О пьезометрических уровнях, вскрытых водоносных прослоев, сведения отсутствуют. Притоки воды оказались ничтожно малыми. В интервале глубин 539—543 м он составлял всего лишь 0,7 м³/час, динамический

Таблица 22

Химический состав подземных вод верхне- и среднеюрского водоносного комплекса

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализов	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (суммарн.)	Σ К	Минерализация воды, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Город Гродно Гродненского р-на	24/X 1960 г.	270,0	5,38	5,38	6,70	мг/л мг·экв мг·экв %	353,80 5,80 89,23	5,35 0,11 1,69	21,2 0,59 9,08	— 6,50 100,00	83,13 4,10 63,07	15,56 1,28 19,66	21,85 0,98 15,07	3,17 0,14 2,20	— 6,50 100,00	— — 0,27	M _{0,27} — $\frac{\text{HCO}_3 89}{\text{Ca } 63}$
Дер. Лососна Гродненского р-на	29/VIII 1960 г.	Самоизлив	6,31	6,31	7,35	мг/л мг·экв мг·экв %	390,4 6,40 98,50	5,10 0,106 1,55	12,0 0,34 4,95	— 6,84 100,00	88,5 4,41 64,53	23,10 1,90 27,76	12,10 0,53 7,10	2,22 — —	— 6,84 100,00	— — 0,34	M _{0,34} — $\frac{\text{HCO}_3 93}{\text{Ca } 64 \text{ Mg } 28}$
Дер. Грицки Волковыского р-на	1961 г.	244,2—258,4	4,86	4,86	7,3	мг/л мг·экв мг·экв %	311,10 5,10 95,80	6,58 0,13 2,40	3,43 0,10 1,80	— 5,33 100,00	68,38 3,41 64,00	17,60 1,45 27,20	10,0 0,47 8,80	— — —	— 5,33 100,00	— — 0,26	M _{0,26} — $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca } 64 \text{ Mg } 27}$
Город Брест (горводопровод) Брестского р-на	1940 г.	237,3	4,43	4,40	7,1	мг/л мг·экв мг·экв %	270,00 4,40 97,13	4,94 0,10 2,21	1,00 0,03 0,66	— 4,53 100,00	82,0 4,09 90,29	2,80 0,34 7,50	2,3 0,1 2,21	— — —	— 4,53 100,00	— — 0,22	M _{0,22} — $\frac{\text{HCO}_3 97}{\text{Ca } 90}$
Город Брест (горводопровод) Брестского р-на	18/II 1952 г.	300,0	4,52	4,50	7,1	мг/л мг·экв мг·экв %	274,50 4,50 97,40	— — —	4,10 0,12 2,60	— 4,62 100,00	79,66 3,97 85,90	6,66 0,55 11,90	2,30 0,10 2,20	3,0 — —	— 4,62 100,00	— — 0,23	M _{0,23} — $\frac{\text{HCO}_3 97}{\text{Ca } 86}$
Город Кобрин (пивзавод) Кобринского р-на	1956 г.	175,0—195,0	3,97	3,97	7,15	мг/л мг·экв мг·экв %	250,0 4,05 93,27	— — —	1,30 0,03 0,73	— 4,08 100,0	68,0 3,39 83,0	6,90 0,58 14,30	4,00 0,11 2,70	3,44 — —	— 4,08 100,00	— — 0,21	M _{0,21} — $\frac{\text{HCO}_3 99}{\text{Ca } 83}$
Город Чериков Краснопольского р-на	23/IV 1935 г.	136,3	3,99	3,99	Сл. щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	292,8 4,79 98,96	0,80 0,02 0,42	1,00 0,03 0,62	— 4,84 100,00	80,0 3,99 82,4	— — —	19,5 0,85 17,6	— — —	— 4,84 100,00	— — 0,23	M _{0,23} — $\frac{\text{HCO}_3 99}{\text{Ca } 82}$
Город Речица Речицкого р-на	9/VIII 1949 г.	150,0—162,0	1,28	1,28	Сл. щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	370,00 6,06 57,44	— — —	159,8 4,49 42,56	— 10,55 100,00	26,0 1,28 12,13	— — —	213,0 9,27 87,87	0,50 — —	— 10,55 100,00	— — 0,58	M _{0,58} — $\frac{\text{HCO}_3 57 \text{ Cl } 42 \text{ SO}_4 22}{\text{Na } 88}$
Город Гомель Гомельского р-на	24/IX 1962 г.	112,4—123,54	2,31	2,31	7,2	мг/л мг·экв мг·экв %	262,30 4,30 52,70	89,29 1,86 22,20	72,07 2,03 24,70	— 8,19 100,00	34,38 1,70 20,10	7,42 0,61 7,40	143,70 6,11 72,5	0,32 — —	— 8,42 100,00	— — 0,48	M _{0,48} — $\frac{\text{HCO}_3 53 \text{ Cl } 25}{\text{Na } 72 \text{ Ca } 20}$

уровень при этом понизился до 500 м ниже поверхности земли. На глубине 551—556 м приток воды в скважину не превышает 0,54 м³/час, а динамический уровень понизился до 550 м ниже земной поверхности.

По химическому составу подземные воды триасовых отложений на указанных глубинах относятся к типу хлоридно-натриевых вод с минерализацией от 29 (глубина 539—543 м) до 33,9 г/л (глубина 551—556 м). Данные о химическом составе подземных вод этих отложений приведены в табл. 23.

Пермский водоносный комплекс (Р)

Пермские отложения распространены на территории Белоруссии в пределах Припятского и Брестского артезианских бассейнов, где они занимают небольшую площадь к северо-западу от г. Бреста. Северная и южная границы их распространения в Припятском артезианском

бассейне почти совпадают с тектоническими границами впадины, западная граница проходит восточнее г. пос. Любань, западнее г. пос. Копаткевичи, восточнее г. пос. Петриков и г. Турова (Голубцов, Махнач, 1961).

На территории Припятского артезианского бассейна пермские отложения представлены нижним и верхним отделами (сакмарским и нижней частью артинского и татарского ярусов) общей мощностью более 515 м. В Брестском артезианском бассейне распространены только отложения казанского яруса верхнего отдела мощностью около 18,0 м.

Литологически пермские отложения в Припятском артезианском бассейне представлены пестрым комплексом пород, среди которых преобладают пестроцветные глины, алевролиты, пески и песчаники. Подчиненное значение в разрезе этих отложений занимают карбонатные породы и ангидриты. На территории Брестского артезианского

Таблица 23

**Химический состав подземных вод триасового водоносного комплекса
(по данным М. А. Гатальского, 1963)**

Состав воды	Дер. Прудок, скв. 18 Мозырского р-на					
	(539—543 м) *			(551—556 м)		
	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы						
Na ⁺ +K ⁺	10 988,0	477,75	96,13	12 750,0	555,55	95,27
Mg ²⁺	31,0	2,51	0,51	204,0	16,8	2,88
Ca ²⁺	334,8	16,71	3,36	217,0	10,83	1,85
ΣК	—	496,97	100,0	—	583,18	100,0
Анионы						
Cl ⁻	17 423,0	490,8	98,76	20 309,0	572,10	98,11
SO ₄ ²⁻	248,0	5,17	1,04	262,0	5,46	0,94
HCO ₃ ⁻	61,0	1,0	0,20	195,0	3,20	0,54
CO ₃ ²⁻	—	—	—	73,0	2,40	0,41
ΣА	—	496,97	100,0	—	583,16	100,0
Br ⁻	Нет			Нет		
I ⁻	Нет			Нет		
NH ₄ ⁺	1,0			1,0		
Sr ²⁺	—			—		
Минерализация, г/л	29,05			33,91		
рН	6,4			7,0		
	M _{29,0} — Cl 99 Na 96			M _{34,0} — Cl 98 Na 95		

* В скобках дана глубина опробования воды.

бассейна пермские отложения представлены в основном карбонатной толщей, сложенной известняками, конгломератами и вторичными доломитами с прослоями глин и реже песков.

Водовмещающими породами являются пески, песчаники и трещиноватые разности известняков, залегающие в толще глин в виде прослоев разной мощности. Резкие колебания мощностей водоносных горизонтов глин и частое их выклинивание вследствие фациальных изменений песчаных отложений обуславливает невыдержанное распространение водоносных горизонтов как по простиранию, так и в вертикальном разрезе этих отложений.

Наибольшей обводненностью характеризуются отложения верхней перми, где преобладают красноцветные песчаники и пески. Отложения нижней перми представлены в основном глинистыми породами, которые можно рассматривать как водоупор, разделяющий подземные воды карбона и верхнего девона от вышележащих водоносных горизонтов верхней перми и мезозоя. Следует, однако, отметить, что глинистые породы на площади Припятского артезианского бассейна не имеют сплошного распространения и поэтому значение этих пород как водоупора невелико (Гатальский, 1963).

В пределах Припятского артезианского бассейна подземные воды пермских отложений залегают на глубине от 471,5 до 923 м от поверхности земли. Погружение водоносных горизонтов, как и всей толщи пермских отложений, наблюдается с северо-запада на юго-восток; в этом направлении увеличивается и их мощность. У северо-западной границы распространения мощность их не превышает 135—200 м, тогда как в районе г. пос. Домановичи и дер. Слобода Калинковичского района она достигает 515 м.

Водосодержащие толщи песков и песчаников пермских отложений были опробованы в шести поисково-разведочных скважинах, расположенных в разных районах Припятской впадины. Подземные воды, заключенные в этих горизонтах, имеют высокую минерализацию, которая в зависимости от глубины залегания опробованных горизонтов изменялась от 38 до 145 г/л (табл. 24) и относится к типу хлоридно-натриевых вод (рассолов) (Гатальский, 1963).

Водообильность водоносных горизонтов пермских отложений очень малая. При испытании скважин, доведенных до водоносных горизонтов, водовмещающими отложениями которых являются пески и песчаники, дебиты их не превышают 3,0—5,9 м³/час при понижении уровня на 60—55 м от статического. Пьезометрические уровни находятся на глубине 35—50 м от поверхности земли или на отметках 76,4—110,8 м абс. высоты.

Питание подземных вод пермских отложений происходит в крайних частях их распространения, в пределах западной и южной частей Белорусского гидрогеологического массива, а также на северной окраине Украинского гидрогеологического массива за счет поступления подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов.

Средне-и нижнекаменноугольный водоносный комплекс (C₂₊₁)

Каменноугольные отложения распространены на юго-востоке БССР, где они выполняют наиболее глубокую часть Припятского артезианского бассейна. Залегают отложения карбона на размытой поверхности верхнего девона или непосредственно на кристаллических породах фундамента и перекрываются мощной толщей песчано-глинистых отложений перми и мезо-кайнозоя. Мощность карбона в зависимости от рельефа поверхности подстилающих пород верхнего девона изменяется в широких пределах. На солянокупольных поднятиях она варьирует от 0,0 до 100,0 м; в межкупольных понижениях мощность их достигает 679—1472 м и более. В общем же изменение мощности карбона наблюдается с запада на восток и от периферии к центру впадины.

В составе каменноугольных отложений в пределах Припятского артезианского бассейна выделяются средний и нижний отделы. Средний отдел представлен московским и башкирским ярусами, нижний — намярским, визейским и турнейским ярусами (Голубцов, 1960).

Отложения московского и башкирского ярусов среднего карбона, установленные в районе Мозыря, Ельска, Наровли, Брагина, Хойников, Домановичей и в ряде других пунктов, делятся на три толщи: верхнюю, среднюю и нижнюю. Верхняя (днепровская и гулевичская свиты) сложены пестроцветными и темно-серыми глинами с подчиненными прослоями известняков, песков, песчаников и алевролитов общей мощностью до 157 м. Эта толща является водоупором, изолирующим подземные воды среднего карбона и вышележащих водоносных горизонтов пермских и мезозойских отложений. Средняя (мытвинская и заозерная свиты) представлена пестроцветными песками и песчаниками с подчиненными прослоями глин общей мощностью до 74,0 м; нижняя (частично заозерная, двишковская, припятская и хойникская свиты) сложены в основном глинами и алевролитами, с прослоями песчаников и брекчиевидных известняков общей мощностью до 200 м. Глинистая часть этой толщи может рассматриваться как второй водоупор, разделяющий подземные воды среднего и нижнего карбона.

Отложения намярского, визейского и турнейского ярусов нижнего карбона представлены фациально-неоднородным комплексом пород как в вертикальном разрезе, так и по площади их распространения. Они:

Таблица 24

Химический состав подземных вод и растворов пермского водоносного комплекса (по М. А. Гатайскому, 1963)

	Дер. Прудов. Материнское разлово, отв. 33		Материнские водонос. сваянцы		Анионная структура наг. пкв. I		Бриллиант. структура св. I									
	620-640 м ²		735-750 м	695-705 м	655-665 м	605-620 м	605-615 м									
Скаты																
	Ж. I	Ж. I-III	Ж. I-III	Ж. I	Ж. I-III	Ж. I-III	Ж. I	Ж. I-III								
Катионы																
	Na ⁺	13,623	333,02	91,78	10,127	1715,62	93,84	317,11	287,03	93,72	17,751	773,19	89,35	15,483	673,62	68,10
	K ⁺	89	2,27	0,45	2,0	5,63	0,30	2,4	7,19	0,28	6	0,16	0,02			
	Mg ²⁺	269	99,02	3,11	5,4	48,43	2,63	7,75	59,58	2,35	136	11,23	1,30	273	22,45	3,10
	Ca ²⁺	578	283,1	4,46	1,305	60,11	3,23	1,855	92,57	3,65	1,019	89,78	9,92	551	27,51	3,80
	ΣK	-	616,15	100,0	-	1800,12	100,0	-	459,27	100,0	-	861,26	100,0	-	729,48	100,0
Анионы																
	Cl ⁻	22,111	623,53	95,46	617,22	1825,16	97,91	89,064	2510,77	98,02	29,267	838,99	95,55	24,870	701,33	96,94
	SO ₄ ²⁻	6,402	18,75	2,40	1,675	31,81	1,87	1,268	25,76	1,02	1,213	25,85	2,98	853	17,75	2,45
	HCO ₃ ⁻	263	4,80	0,71	2,30	3,60	0,19	98	1,60	0,06	-	12,79	1,17	268	4,40	0,61
	ΣA	-	617,08	100,0	-	1860,6	100,0	-	2588,13	100,0	-	867,63	100,0	-	729,48	100,0
	NO ₃ ⁻	1,0	-	-	5,0	-	-	11,0	-	-	21,5	-	-	0,7	-	-
	Fe (суммарн.)	0,3	-	-	12,0	-	-	13,0	-	-	He обн.	-	-	He обн.	-	-
	Si ⁴⁺	-	-	-	66,8	-	-	11,4	-	-	0,0745	-	-	-	-	-
	Br ⁻	20,9	-	-	17,0	-	-	67,0	-	-	42,6	-	-	14,1	-	-
	B ³⁺	-	-	-	2,9	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	I ⁻	He обн.	-	-	61	-	-	6,5	-	-	He обн.	-	-	He обн.	-	-
	Минерализация, мг/л	43,74	-	-	108,65	-	-	117,89	-	-	59,15	-	-	42,70	-	-
	M _{43/72}	Cl 96	Na 91	M _{146/65}	Cl 98	Na 95	M _{147/59}	Cl 99	Na 93	M _{147/55}	Cl 95	Na 89	M _{42/90}	Cl 95	Na 93	

* В скобках даны суммы порфирования.

сложены известняками, местами окремнелыми, глинами, разнозернистыми песками, песчаниками и алевролитами, с редкими прослоями ангидрита. Верхняя глинистая часть яснополянского горизонта визейского яруса является водоупором, широко распространенным на всей площади Припятской впадины.

Водоносность каменноугольных отложений на территории Припятского артезианского бассейна изучена очень слабо. Имеются лишь данные кратковременного опробования некоторых поисково-разведочных скважин. По данным этих скважин, водовмещающими породами среднего и нижнего карбона являются пески, песчаники и трещиноватые разности известняков. Они часто на небольших протяжениях резко уменьшаются в мощности или вовсе выклиниваются, замещаясь глинами. Подземные воды напорные, они образуют серию водоносных горизонтов, гидравлически связанных как между собой, так и с подземными водами верхнего девона и вышележащих отложений перми и мезозоя.

В районе Ельска и Наровли водоносные горизонты карбона были опробованы в интервалах глубин 1044—1123 м. Притоки подземных вод в скважину в указанных интервалах глубин были незначительными.

В районе Ельска дебит скважины оказался ничтожно малым. В Наровлянской скважине он также не превышал 1,1 м³/час при понижении уровня на 9 м от статического. Пьезометрический уровень опробованного горизонта находился на глубине 100 м ниже земной поверхности или на отметке 121,7 м абс. высоты. При откачке из поисково-разведочной скважины в районе дер. Выступовичи дебит скважины составлял более 18 м³/час при понижении уровня откачкой на 35 м от статического. Пьезометрический уровень воды находился на глубине 5,0 м от поверхности земли. В районе дер. Буйновичи дебит скважин в интервалах глубин 558—561, 605—608 м не превышал 8,7 м³/час при понижении уровня на 145 м и 2,1 м³/час при понижении уровня на 4 м от статического. Пьезометрический уровень воды в этой скважине держался на глубине 86,0 м ниже поверхности земли или на отметке 39,7 м абс. высоты (Гатальский, 1963).

Поисково-разведочные скважины, в которых производилось опробование водоносных горизонтов, не были оборудованы фильтрами, поэтому полученные расходы скважин являются, видимо, заниженными и в связи с этим не могут характеризовать в полной мере водообильность опробованных водоносных горизонтов. Залегая значительно ниже уровня моря, под слабоводопроницаемыми отложениями перми и триаса, каменноугольные отложения слабо промыты. Подземные воды характеризуются высокой минерализацией, изменяющейся в зависимости от глубины залегания водовмещающих пород.

В районе дер. Буйновичи подземные воды карбона, залегающие на глубине до 608 м, имеют хлоридно-натриевую минерализацию с плотным остатком от 12 до 26 г/л. На глубине 718—720 м каменноугольные отложения содержат уже рассолы хлоридно-натриевого типа с минерализацией до 133 г/л. В районе г. Брагина отложения карбона, залегающие на глубине 572—674 м, содержат подземные воды хлоридно-натриевого состава с минерализацией 42 г/л, а на глубине 809—815 м с минерализацией до 94 г/л.

В районе Ельска и Наровли отложения карбона, залегающие на глубине 1221—1227 м, содержат рассолы хлоридно-натриевого состава с минерализацией от 185 до 223 г/л (табл. 25), следовательно, с погружением каменноугольных отложений на большую глубину минерализация рассолов резко возрастает.

Таблица 25

Химический состав подземных вод и рассолов нижнекаменноугольного водоносного комплекса

Состав вод	Буйновская структура, ска. 4			Буйновская структура, ска. 4			Евская структура, ска. 4			Парованская структура, ска. 5			Парованская структура, ска. 5		
	(558-561 м)*			(605-608 м)			(1221-1227 м)			(104-1047 м)			(1123-1130 м)		
	г/л	мг/л	мг/моль	г/л	мг/л	мг/моль	г/л	мг/л	мг/моль	г/л	мг/л	мг/моль	г/л	мг/л	мг/моль
Катионы															
Na ⁺ +K ⁺	4536,0	196,11	95,52	9700,0	122,59	96,31	84883,0	3686,10	96,55	64627,0	3027,3	95,26	76759,0	3337,38	95,62
Mg ²⁺	65,0	5,35	1,67	116,0	9,56	2,18	570,0	46,85	1,23	601,0	54,38	1,71	680,0	55,99	1,60
Ca ²⁺	60,0	3,42	2,61	130,0	6,49	1,48	1700,0	81,83	2,22	1091,0	96,40	3,03	1933,0	96,80	2,78
ΣК	—	201,88	100,0	—	48,63	100,0	—	3817,78	100,0	—	3178,08	100,0	—	3190,25	100,0
Анионы															
Cl ⁻	6527,0	184,03	89,82	14090,0	397,34	90,59	132820,0	3745,52	98,11	112305,0	3163,5	99,51	123800,0	3387,2	99,92
SO ₄ ²⁻	715,0	14,85	7,25	1677,0	34,89	7,95	3435,0	71,46	1,87	607,0	12,60	0,40	68,0	1,42	0,04
HCO ₃ ⁻	366,0	6,0	2,93	300,0	6,40	1,46	49,0	0,80	0,02	115,0	1,90	0,06	38,0	0,80	0,02
CO ₃ ²⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,0	0,60	0,02
ΣА	—	201,88	100,0	—	48,63	100,0	—	3817,78	100,0	—	3178,0	100,0	—	3190,02	100,0
Br ⁻	3,3	—	—	9,8	—	—	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—
I ⁻	1,9	—	—	1,8	—	—	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	0,81	—	—	1,39	—	—	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Si ²⁺	4,7	—	—	34,3	—	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
B ³⁺	3,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Минерализация, г/л	12,0	—	—	26,0	—	—	224,0	—	—	185,0	—	—	—	203,0	—
pH	6,8	—	—	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	M _{12,0} $\frac{Cl 90}{Na 96}$			M _{26,0} $\frac{Cl 90}{Na 96}$			M _{224,0} $\frac{Cl 98}{Na 96}$			M _{185,0} $\frac{Cl 99}{Na 95}$			M _{203,0} $\frac{Cl 99,9}{Na 96}$		

* В скобках даны глубины опробования.

Питание подземных вод карбона осуществляется по периферии Припятского артезианского бассейна за счет перетекания подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов перми и мезо-кайнозоя.

Фаменский водоносный комплекс (D_3fm)

Отложения фаменского яруса верхнего девона на территории Белоруссии распространены в пределах Припятского артезианского бассейна и юго-восточной части Белорусского гидрогеологического массива. Литологически они делятся на три толщи: надсолевую, верхне-солевую и межсолевую. Надсолевая толща представлена преимущественно глинами с подчиненными прослоями мергелей, доломитизированных известняков и доломитов. В нижней части надсолевой толщи встречаются прослои и пропластки гипса. Общая мощность надсолевых отложений колеблется от 20—150 до 550—750 м. Фильтрационная способность глин очень мала и в связи с этим прослой известняков и доломитов, залегающие в толще глин, являются безводными или содержат слабОВОДООбильные горизонты.

В северо-западной части Припятской впадины водоносность надсолевых отложений отмечена лишь в самых верхних ее горизонтах. Подземные воды, приуроченные к прослоям доломитизированных известняков и доломитов, были вскрыты скважинами в деревнях Погост и Чижевичи, Любанского района, в г. пос. Старобин, д. Мелевичи, Житковичского района, и некоторых других пунктах. Водообильность верхних горизонтов надсолевой толщи в указанных пунктах оказалась ничтожно малой. По данным минского спецтреста «Промбурвод», в дер. Погост дебит скважины, вскрывшей несколько прослоев доломитизированных известняков общей мощностью 3,5 м, составлял 0,5 м³/час при понижении уровня на 35,40 м от статического. В дер. Чижевичи дебит скважины, вскрывшей верхнюю часть надсолевых отложений, не превышал 0,05 м³/час (Маккавеев, 1951). При проходке шахт на территории первого и второго калийных комбинатов установлено, что надсолевые отложения являются безводными.

В юго-восточной части Припятского артезианского бассейна, где в ряде районов (Мозырь, Калинковичи, Наровля и др.) непосредственно над солью залегают пачка серых песчаников с прослоями алевролитов и глин, обводненность надсолевых отложений больше, чем в северо-западной ее части. Подземные воды надсолевых отложений в этой части прогиба были опробованы в районе городов Мозыря, Ельска, Наровли и некоторых других пунктах. Основные гидрогеологические данные, полученные при откачках из разных интервалов надсолевой толщи, приведены в табл. 26.

Как видно из таблицы, малой водообильностью надсолевые отложения характеризуются и в юго-восточной части Припятского артезианского бассейна. В районе г. пос. Наровли дебиты скважины колеблются от 0,008 до 1,10 м³/час при понижениях уровня от 7,0 до 234,0 м, т. е. удельные дебиты не превышают 0,01—0,001 м³/час. В районе г. Ельска удельные дебиты скважин несколько выше, но также являются ничтожно малыми. В районе г. Мозыря и дер. Буйновичи удельная производительность скважин не превышает 0,08—0,05 м³/час.

В северо-западной части Припятского артезианского бассейна, где надсоленосные отложения залегают на небольшой глубине (60—120 м) и относительно промыты и выщелочены, подземные воды этих отложений имеют обычно малую минерализацию и относятся к типу гидрокарбонатно-кальциево-магниевого или хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевого вод, с минерализацией от 0,318 до 1,214 г/л

Таблица 25.

**Основные гидрогеологические данные по фамейскому водоносному комплексу
(по данным М. А. Гатальского)**

Пункты и номера опробован. скважин	Абс. отм. устья скв., м	Интервалы опробов. надсолен. толщ., м	Глубина зале- гания стати- ческого уровня воды, м		Дебит, м ³ /час	Пониж. уровня от статич., м	Удельный дебит, м ³ /час	Литологический состав водовмещающих отложений
			от по- верхн. земли	абс. отм.				
Наровля, скв. 1	122,2	642—650	430,0	—307,8	0,46	40,0	0,01	Брекчия известка
		675—690	704,0	—581,8	0,008	7,0	0,001	То же
		733—745	120,0	2,2	1,10	234,0	0,005	" "
Ельск, скв. 4	139,2	1616—1619	137,2	2,0	3,0	98,0	0,03	Доломит с прослоями песчаника
		1750—1753	138,5	0,7	0,96	399,5	0,002	То же
		1768—1771	233,0	—93,8	0,79	297,0	0,02	" "
Ельск, скв. 19	—	2180—2196	100,0	—	0,20	77,5	0,002	Песчаник
		2425—2410	180,0	—	6,0	120,0	0,05	То же
		2470—2473	185,0	—	0,46	165,0	0,002	" "
Мозырь, опор- ная скважина	115,8	2500—2513	171,0	—55,2	1,96	27,0	0,08	" "
Дер. Буйно- вичи, скв. 2	131,0	718—720	51,7	—79,3	3,67	68,3	0,05	Кварцевый песчаник

(табл. 27). По мере погружения надсоленосных отложений под мощную толщу каменноугольных отложений проницаемость их становится меньшей и в связи с этим приуроченные к ним подземные воды переходят в высококонцентрированные рассолы, минерализация которых резко возрастает с глубиной. Как видно из табл. 27, общая минерализация рассолов надсолевых отложений в районе дер. Буйновичи составляет 132,84 г/л, а в районе г. Ельска она достигает 227 (на глубине 1200 м и более) — 288 г/л (на глубине 1768—1771 м).

Верхнесоленосная толща сложена каменной и калийной солями с тонкими прослоями зеленовато-серых глин, реже мергелей и глинистых известняков. Прослои песчаников встречаются главным образом в восточной части Припятского артезианского бассейна. Прослои глин, мергелей, глинистых известняков и песчаников в толще солей занимают обычно подчиненное значение, но на Заозерной структуре, а также в районах, расположенных к северу и северо-западу от Наровли и Ельска, терригенные и карбонатные породы составляют до 40—50% и более от общей мощности соленосной толщ.

Соленосные отложения являются водонепроницаемыми породами и поэтому с гидрогеологической точки зрения они вместе с надсоленосными отложениями могут рассматриваться как совершенный водоупор, достаточно выдержанный на всей площади Припятского артезианского бассейна. Взаимосвязь подземных вод, залегающих выше и ниже этого водоупора, может осуществляться лишь по тектоническим разломам или в прибортовых частях впадины, где соли выклиниваются и замещаются терригенными и карбонатными, хорошо водопроницаемыми породами (Гатальский, 1963).

Таблица 27

Химический состав подземных вод и рассолов фаменского водоносного комплекса (воды и рассолы надсоленосной толщи)

Состав вод	Дер. Погост Любанского р-на			Дер. Чижевичи Любанского р-на			Дер. Милевичи Жиковичского р-на			Ельская структура, скв. 4			Ельская структура, скв. 4		
	(125 м; 1950 г.)			(340,0 м; 1951 г.)			(60,0 м; 1963 г.)			(1200,0—1510,0 м; 1955 г.)			(1617—1620 м; 1955 г.)		
	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы															
Na ⁺ +K ⁺	70,0	3,05	42,72	167,0	7,28	36,13	5,30	0,23	3,53	84 770,0	3683,2	94,75	100 639,6	4773,35	95,64
Mg ²⁺	15,0	1,24	17,36	65,0	5,38	26,70	19,10	1,57	24,04	810,0	66,58	1,71	820,0	67,40	1,47
Ca ²⁺	57,1	2,85	39,92	150,0	7,49	37,17	94,80	4,73	72,43	2 760,0	137,72	3,54	2 650,0	132,23	2,89
ΣK	—	7,14	100,0	—	20,15	100,0	—	6,53	100,0	—	3887,5	100,0	—	4572,98	100,0
Анионы															
Cl ⁻	93,8	2,65	31,12	215,0	6,06	30,07	24,90	0,70	10,73	134 550,0	3794,3	97,60	159 450,0	4496,49	98,33
SO ₄ ²⁻	100,4	2,09	29,27	514,0	10,70	53,11	11,50	0,23	3,52	4 260,0	88,6	2,28	3 620,0	75,29	1,65
HCO ₃ ⁻	146,4	2,40	33,61	207,0	3,39	16,82	342,6	5,60	85,75	281,0	4,60	0,12	73,2	1,20	0,02
ΣA	—	7,14	100,0	—	20,15	100,0	—	6,53	100,00	—	3887,5	100,0	—	4572,98	100,0
Жесткость:															
а) общая	4,09	—	—	12,87	—	—	6,30	—	—	204,30	—	—	199,63	—	—
б) карбонатная	2,40	—	—	3,39	—	—	5,6	—	—	4,60	—	—	1,20	—	—
NH ₄ ⁺	—	—	—	—	—	—	0,8	—	—	26,0	—	—	31,0	—	—
Br ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,3	—	—	5,4	—	—
J ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	—	—	2,6	—	—
St ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Минерализация, г/л	—	0,409	—	—	1,214	—	—	0,318	—	—	227,32	—	—	367,22	—
pH	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	M _{0,41}	HCO ₃ 33	Cl 37	SO ₄ 29	M _{1,21}	SO ₄ 53	Cl 30	M _{0,32}	HCO ₃ 86	M ₂₂₇	Cl 98		M ₃₆₇	Cl 98	
		Na 43	Ca 40			Ca 37	Na 36		Ca 72		Na 95			Na 96	

* В скобках даны глубина опробования и год отбора проб воды.

Состав вод	Наровлянская структура, скв. 1			Наровлянская структура, скв. 5		
	(733—745 м; 1952 г.)			(1238—1240 м)		
	мг/л	мг-экв	мг-экв %	мг/л	мг-экв	мг-экв %
Катионы						
Na ⁺ +K ⁺	67 500,0	2980,0	95,82	71 500,0	3100,0	94,51
Mg ²⁺	400,0	80,0	2,57	700,0	80,0	2,44
Ca ²⁺	900,0	50,0	1,61	2 000,0	100,0	3,05
ΣK	—	3110,0	100,0	—	3280,0	100,0
Анионы						
Cl ⁻	105 400,0	2910,0	98,31	115 600,00	3250,0	99,09
SO ₄ ²⁻	1 600,0	40,0	1,35	100,0	20,0	0,61
HCO ₃ ⁻	200,0	10,0	0,34	100,0	10,0	0,30
ΣA	—	2960,0	100,0	—	3280,0	100,0
Жесткость:						
а) общая	130,0	—	—	180,0	—	—
б) карбонатная	10,0	—	—	10,0	—	—
NH ₄ ⁺	1,3	—	—	—	—	—
Br ⁻	1,0	—	—	—	—	—
J ⁻	0,4	—	—	—	—	—
Sr ²⁺	63,0	—	—	—	—	—
Минерализация, г/л	—	167,0	—	—	190,0	—
pH	7,4	—	—	—	7,5	—
	M ₁₆₇ — $\frac{Cl\ 98}{Na\ 96}$			M ₁₉₀ — $\frac{Cl\ 99}{Na\ 94}$		

* В скобках даны глубина опробования и год взятия пробы воды.

Продолжение табл. 27

Ельская структура, скв. 4			Буйиовичская структура, скв. 2		
(1768—1771 м; 1955 г.)			(718—720 м; 1959 г.)		
мг/л	мг·эКв	мг·эКв %	мг/л	мг·эКв	мг·эКв %
108 502,0	4715,54	95,34	49 273,0	2152,47	94,45
940,0	77,27	1,56	1 090,0	89,59	8,95
3 070,0	153,19	3,10	740,0	36,93	1,62
—	4946,0	100,0	—	2279,29	100,0
173 340,0	4888,19	98,83	78,183	2204,77	96,73
2 590,0	53,87	1,09	3 490,0	72,59	3,18
240,0	3,94	0,08	120,0	1,93	0,09
—	4946,0	100,0	—	2279,29	100,0
230,46	—	—	126,52	—	—
3,94	—	—	1,93	—	—
4,0	—	—	3,0	—	—
77,0	—	—	48,3	—	—
0,7	—	—	2,4	—	—
70,0	—	—	440,0	—	—
288,56	—	—	132,84	—	—
—	—	—	—	—	—
$M_{288} \frac{Cl\ 99}{Na\ 95}$			$M_{133} \frac{Cl\ 97}{Na\ 94}$		

На территории Припятского артезианского бассейна подземные воды из отложений верхнесолевого толщи получены в Мозырской опорной скважине и в нескольких поисково-разведочных скважинах на Ельской структуре. В терригенных прослоях, залегающих в нижних горизонтах верхнесолевого толщи, заключены рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава, с минерализацией до 314—335 г/л. Скв. 2 на Ельской структуре из тех же терригенных прослоев получена промышленная нефть.

Характерной особенностью подземных вод низов верхнесолевого толщи является относительно малая степень их метаморфизации, что свидетельствует о связи рассолов с подземными водами вышележащих водоносных комплексов. Рассолы содержат большое количество брома, йода, стронция и других микроэлементов. В районе г. Ельска они сильно обогащены сероводородом (табл. 28).

Подземные воды верхней соленосной толщи имеют довольно высокую температуру, изменяющуюся не только с глубиной, но и по площади распространения.

Питание подземных вод верхней соленосной толщи происходит, по-видимому, в прибортовых частях впадины, где соли замещены хорошо водопроницаемыми терригенными и карбонатными породами, а также по зонам тектонических разломов, по которым происходит водообмен и перетекание подземных вод из вышележащих водоносных комплексов.

Межсолевая толща в северо-западной части Припятского артезианского бассейна* представлена в верхней своей части в основном ангидритами с подчиненными прослоями серых крепких доломитов, реже плотных известняков мощностью до 97,0 м. В нижней части — плотными доломитами, доломитизированными, часто кавернозными известняками и ангидритами с редкими прослоями глин и песчаников общей мощностью 9,1—84,0 м. В восточной части Припятского артезианского бассейна межсолевые отложения представлены серыми, плотными, часто глинистыми известняками с прослоями глин, песчаников, а в нижней части доломитов и ангидритов (Голубцов, Махнач, 1961). Глубина залегания межсолевой толщи колеблется от 895 (г. пос. Петриков) до 2830 м (дер. Заозерная). Мощность межсолевых отложений изменяется от 50 до 788 м (г. Петриков).

Межсолевые отложения были опробованы в ряде поисково-разведочных скважин на нефть в разных районах Припятского артезианского бассейна, но притоки воды были получены только на Ельской, Петриковской, Первомайской, Стреличевской и Восточно-Выступовичской структурах. В межсолевых отложениях на площади указанных структур содержатся высокоминерализованные (до 316 г/л) термальные рассолы, почти не содержащие сульфатов. В небольших количествах в рассолах содержатся бром, йод и другие микроэлементы (табл. 29). Интересно также отметить, что на разных структурах рассолы имеют различную степень метаморфизации, что указывает на неодинаковые условия водообмена с земной поверхностью. Наименьшей метаморфизацией характеризуются рассолы вблизи зон тектонических разломов.

Из приведенного видно, что подземные воды фаменского яруса верхнего девона на территории Припятского артезианского бассейна не образуют сколько-нибудь выдержанных по мощности и простираанию водоносных горизонтов. Они залегают в виде линз и маломощных,

* Из-за отсутствия в этой части артезианского бассейна нижнего горизонта каменной соли она часто называется подсолевой.

Таблица 28

Химический состав подземных вод и рассолов фаменского водоносного комплекса (воды и рассолы верхней соленосной толщи)

Состав вод	Восточно-Выступовичская, скв. 1			Мозырь, опорная скважина			Ельск, скв. 7			Ельск, скв. 17		
	(1610—1640 м; 1960 г.) *			(2610—2800 м; 1952 г.)			(2783 м; 1955 г.)			(2480 м; 1960 г.)		
	г/л	мг·экв	мг·экв %	г/л	мг·экв	мг·экв %	г/л	мг·экв	мг·экв %	г/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы												
Na ⁺	95,803	4167,01	91,81	111,867	4866,20	88,41	114,060	4963,14	89,81	9,919	431,31	92,26
K ⁺	—	—	—	0,536	13,73	0,25	5,300	135,68	2,46	—	—	—
Mg ²⁺	1,835	150,91	3,32	1,758	144,50	2,63	1,080	88,77	1,64	1,16	9,50	2,03
Ca ²⁺	4,430	221,0	4,87	9,876	479,60	8,71	6,780	338,32	6,12	5,35	26,69	5,71
ΣК	—	4538,92	100,0	—	5503,93	100,0	—	5525,91	100,0	—	467,50	100,0
Анионы												
Cl ⁻	158,325	4465,29	99,02	194,109	5473,87	99,63	195,330	5508,31	99,68	16,44	463,79	99,21
SO ₄ ²⁻	2,058	42,75	0,95	0,914	19,0	0,34	0,614	12,78	0,23	0,69	0,00	0,00
HCO ₃ ⁻	0,092	1,51	0,03	0,093	1,52	0,03	0,294	4,82	0,09	2,26	3,70	0,79
ΣА	—	4509,55	100,0	—	5494,39	100,0	—	5525,91	100,0	—	467,49	100,0
NH ₄ ⁺ , мг/л	—	—	—	—	—	—	9,6	—	—	—	—	—
Fe (суммарн.)	—	—	—	—	—	—	0,0843	—	—	876,4	—	—
Sr ²⁺	—	—	—	—	—	—	0,0843	—	—	—	—	—
Br ⁻	—	—	—	—	—	—	0,0530	—	—	1149,738	—	—
B ³⁺	—	—	—	—	—	—	4,54	—	—	—	—	—
J ⁻	—	—	—	—	—	—	0,0004	—	—	77,0439	—	—
Минерализация, г/л	262,49	—	—	319,11	—	—	323,31	—	—	34,69	—	—
pH	—	—	—	6,64	—	—	5,0	—	—	5,0	—	—
M_{262,49} Cl 99 Na 92 M_{319,11} Cl 99 Na 88 M_{323,31} Cl 99 Na 84 M_{34,69} Cl 99 Na 92												

* В скобках даны глубина опробования и год взятия пробы воды.

часто выклинивающихся по простираанию прослоев разной мощности среди водонепроницаемых глин, солей и мергелей. Водоносные прослои и линзы, приуроченные к одним и тем же стратиграфическим горизонтам, часто залегают на различных уровнях, в распределении которых не наблюдается никакой закономерности. Подземные воды, заключенные в рассматриваемых толщах, характеризуются различным химическим составом и минерализацией, изменяющейся по мере погружения этих отложений под мощную толщу каменноугольных отложений.

Франский водоносный комплекс (D_3fr)

К выделенному франскому водоносному комплексу отнесены подземные воды, содержащиеся в карбонатной толще отложений франского яруса верхнего девона.

Карбонатные отложения франского яруса верхнего девона распространены в пределах западной части Подмосковского артезианского бассейна, на севере Белорусского гидрогеологического массива и в пределах Припятского артезианского бассейна.

В Припятском артезианском бассейне в составе франского яруса выделяются отложения верхнего (ливенский, евлановский и воронежский горизонты) и нижнего (петинский, семилукский, щигровский горизонты) подъярусов. В северных и северо-восточных районах БССР франский ярус представлен только петинскими, семилукскими, верхне- и нижнещигровскими горизонтами нижнего подъяруса.

На территории Припятского артезианского бассейна отложения франского яруса литологически делятся на три толщи: верхнюю — соленосную (ливенский и евлановский горизонты), среднюю — карбонатную, сложенную доломитами, доломитизированными известняками и ангидритами с прослоями глин (евлановский, воронежский, петинский, семилукский и верхнещигровский горизонты) и нижнюю терригенную толщу, представленную песками и песчаниками нижнещигровского (швентойского) горизонта.

Соленосная толща франского яруса, являющаяся нижней соленосной толщей в разрезе верхнего девона Припятского артезианского бассейна, играет роль регионального водоупора, разделяющего подземные воды нижних горизонтов франского яруса и вышележащих отложений фаменского яруса верхнего девона.

Карбонатная толща франского яруса на территории Припятского артезианского бассейна залегает под соленосной толщей и поэтому носит название подсолевых отложений. Глубина залегания ее колеблется в весьма широких пределах, на северо-западной окраине бассейна она варьирует от 79 до 233 м. В центральной его части глубина залегания этих отложений колеблется от 1614—2382 (район г. Петрикова) до 2344—2683 м (район г. пос. Копаткевичи), а в Ельской депрессии погружается на глубину более 3188 м (г. Ельск, скв. 17). Мощность подсолевых отложений изменяется в меньших пределах. В районе г. Ельска она не превышает 32 м, в районе дер. Стреличево, Хойникского района она составляет 453 м.

В пределах Припятского артезианского бассейна карбонатная толща франского яруса содержит подземные воды и высококонцентрированные рассолы разного химического состава. Минерализация подземных вод и рассолов увеличивается по мере погружения их от периферии к осевой части артезианского бассейна. В северо-западной части Припятского артезианского бассейна, где глубина залегания отложений франского яруса не превышает 190—233 м (дер. Иваново-Огородники близ г. Слуцка), подземные воды относятся к типу гидрокарбо-

Таблица 29

Химический состав подземных рассолов фаменского водоносного комплекса (рассолы межсолевых отложений)

Название структуры, номер скважины	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	pH	Форма выражения анализа	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	ΣA	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	ΣK	Br^-	I^-	Sr^{2+}	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
Ельская структура, скв. 17	1959	2462,0—2493,0	5,0	мг/л мг · экв мг · экв %	500,0 8,19 0,14	800,0 16,66 0,30	196 700,0 5 640,0 99,56	— 5664,85 100,0	7 300,0 364,30 6,43	1 600,0 131,6 2,32	116,8 5 168,95 91,25	— 5664,85 100,0	1150,0	77,0	—	—	$\text{M}_{324} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Na } 91}$
Петриковская структура, скв. 5	1959	1502,0—1505,0	8,0	мг/л мг · экв мг · экв %	49,0 0,80 0,02	— — —	151 890,0 4 278,5 99,98	— 4273,3 100,0	23 930,0 1 194,0 27,90	2 420,0 199,0 4,65	66 380,0 2 886,3 67,45	— 4279,3 100,0	772,0	4,2	—	—	$\text{M}_{245} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Na } 67 \text{ Ca } 28}$
Стреличевская структура, скв. 1	1959	1458,0—1466	5,8	мг/л мг · экв мг · экв %	315,0 5,15 0,10	490,0 10,21 0,19	186 100,0 5 248,0 99,71	— 5263,36 100,0	21 050,0 1 051,0 19,97	46 290,0 3 807,0 72,33	9 324,0 405,36 7,70	— 5263,36 100,0	1460,0	23,74	—	—	$\text{M}_{263} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Mg } 72}$
Первомайская структура, скв. 2	1960	2215,0—2250,0	5,6	мг/л мг · экв мг · экв %	195,20 3,20 0,06	903,4 18,79 0,36	185 225,0 5 223,35 99,58	— 5245,34 100,0	8 909,8 444,6 8,48	1 730,4 142,24 2,71	106 705,3 4 658,5 88,81	— 5245,34 100,0	88,8	5,4	540,1	—	$\text{M}_{303} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Na } 89}$
Первомайская структура, скв. 2	1960	2271,0—3414,0	—	мг/л мг · экв мг · экв %	195,20 3,20 0,06	866,0 18,01 0,35	183 110,0 5 163,7 99,59	— 5184,91 100,0	9 116,1 454,89 8,77	1 620,0 133,16 2,57	105 379,5 4 596,86 88,66	— 5184,91 100,0	68,5	8,4	369	—	$\text{M}_{300} \frac{300 \text{ Cl } 99}{\text{Ca } 89}$
Кустовницкая структура, скв. 1	1960	2593,0—3203,0	—	мг/л мг · экв мг · экв %	— — —	86,0 1,79 0,02	257 244,0 7 254,0 99,98	— 7255,79 100,0	108 150,0 5 399,0 74,41	1 388,10 1 141,6 15,73	20 690,0 715,19 9,86	— 7255,79 100,0	3748,67	7,53	—	—	$\text{M}_{400} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Ca } 74}$
Восточно-Выступовичская структура, скв. 1	1960	2081,0—2090,0	—	мг/л мг · экв мг · экв %	37,00 0,60 0,01	942,0 19,61 0,38	183 030,0 5 162,0 99,61	— 5182,21 100,0	6 028,0 300,8 5,76	2904,0 238,81 4,57	107 760,0 4 687,0 89,67	— 5226,61 100,0	—	7,9	—	301,0	$\text{M}_{301} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Na } 90}$
То же	1960	2402,50—2415,0	—	мг/л мг · экв мг · экв %	50,0 0,82 0,02	790,0 16,46 0,30	190 540,0 5 373,82 99,68	— 5391,10 100,0	7 490,0 373,80 6,92	2 710,0 222,9 4,12	110 840,0 4 808,0 88,96	— 5404,7 100,0	370,3	—	—	—	$\text{M}_{312} \frac{\text{Cl } 99}{\text{Na } 90}$

натно-кальциево-магниевых вод с минерализацией до 0,39 г/л (табл. 30). В центральных частях артезианского бассейна карбонатная толща содержит высококонцентрированные рассолы с минерализацией до 320 г/л (табл. 31).

Водообильность карбонатной толщи франского яруса в пределах Припятского артезианского бассейна изучена очень слабо. Опробование этих отложений, проведенное в поисково-разведочных скважинах в ряде пунктов центральной части бассейна, показало весьма низкую водообильность. Дебиты скважин не превышали 5,3—7,5 м³/час при понижении уровня на 10,0—285,0 м от статического. В северо-западной части Припятского артезианского бассейна из карбонатной толщи, залегающей на глубине около 242 м, наблюдался самоизлив, который составил около 4 м³/час.

Питание водоносного комплекса подсолевых отложений происходит путем перетекания подземных вод из вышележащих отложений верхнего мела, палеогена, неогена и четвертичной толщи.

В пределах западной части Подмосковного артезианского бассейна и северной части Белорусского гидрогеологического массива водовмещающие карбонатные породы франского водоносного комплекса относятся к плявинскому, даугавскому, бурегскому, памушскому, ловатскому и амурскому горизонтам.

Подземные воды франского водоносного комплекса заключены в трещиноватых и кавернозных разностях известняков и доломитов. Водопором этого горизонта являются глины нижнешигровских слоев, залегающие в основании известняково-доломитовой толщи. Следует однако отметить, что глины нередко выклиниваются, замещаясь песками, и в связи с этим воды франских карбонатных отложений сливаются с водами швентойско-тартуских отложений в единый водонасыщенный комплекс. Поэтому воды франского водоносного комплекса гидравлически связаны и с подземными водами швентойско-тартуского водоносного комплекса.

К северу от широты Шклова франский водоносный комплекс перекрывается отложениями антропогена. По долине Днепра к востоку от Орши, по долине Зап. Двины к востоку от Витебска, а также по долине р. Сарьянки и т. д. он выступает на поверхность, образуя многочисленные восходящие источники. К югу от г. Шклова этот водоносный комплекс перекрывается песками сеноманского яруса верхнего мела или плотными глинами верхней юры, которые в южной части распространения водоносного комплекса являются достаточно выдержанным водопором. Положение кровли водоносного комплекса фиксируется глубинами от 0 до 128,0 м ниже поверхности земли. Отметки его кровли колеблются от 41,0 до 173 м над уровнем моря.

Т а б л и ц а 30

Химический состав подземных вод франского водоносного комплекса (в пределах Белорусского гидрогеологического массива и западной части Подмосковского артезианского бассейна)

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-мари.)	Σ К	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Ст. Россоны Полоцкого р-на	1962	44,0	3,11	3,30	7,50	мг/л мг·экв мг·экв %	201,30 3,30 96,78	— — —	3,92 0,11 3,22	— 3,41 100,0	11,43 0,94 27,56	43,49 2,17 63,64	6,90 0,30 8,80	1,10 — —	— 34,1 100,0	— — 0,17	M _{0,17} — $\frac{\text{HCO}_3 97}{\text{Mg } 63 \text{ Ca } 28}$
Ст. Бычиха Городокского р-на	1962	124,0	5,66	6,36	8,30	мг/л мг·экв мг·экв %	387,96 6,36 1,68	3,29 0,07 1,08	3,92 0,11 97,24	— 6,54 100,0	72,74 3,63 13,56	24,68 2,03 31,04	20,24 0,88 55,50	0,34 — —	— 6,54 100,0	— — 0,32	M _{0,32} — $\frac{\text{Cl } 97}{\text{Na } 55 \text{ Mg } 31}$
Г. пос. Сураж Лиозненского р-на	1962	66,0	5,66	6,2	8,25	мг/л мг·экв мг·экв %	378,20 6,20 98,26	— — —	3,92 0,11 1,74	— 6,31 100,0	76,55 3,82 10,30	22,37 1,84 29,16	14,95 0,65 60,54	2,20 — —	— 6,31 100,0	— — 0,31	M _{0,31} — $\frac{\text{HCO}_3 98}{\text{Na } 60 \text{ Mg } 29}$
Ст. Дрегунь Полоцкого р-на	1962	82,0	2,26	2,66	7,35	мг/л мг·экв мг·экв %	162,26 2,66 97,08	— — —	2,94 0,08 2,92	— 2,74 100,0	30,66 1,53 55,84	8,88 0,73 26,64	11,04 0,48 17,52	1,50 — —	— 2,74 100,0	— — 0,14	M _{0,14} — $\frac{\text{HCO}_3 97}{\text{Ca } 56 \text{ Mg } 27}$
Город Витебск Витебского р-на, водозабор «Витьба»	1962	44,0—64,0	6,17	6,60	7,50	мг/л мг·экв мг·экв %	402,60 6,60 98,90	0,82 0,01 0,26	1,96 0,06 0,84	— 6,67 100,0	78,46 3,91 58,68	27,53 2,26 33,92	11,34 0,50 7,40	1,72 — —	— 6,67 100,0	— — 0,32	M _{0,32} — $\frac{\text{HCO}_3 99}{\text{Ca } 59 \text{ Mg } 34}$
Город Дубровио Витебского р-на	1962	65,0	7,26	6,74	7,80	мг/л мг·экв мг·экв %	411,14 6,74 85,98	22,22 0,46 5,86	22,55 0,64 8,16	— 7,84 100,0	92,58 4,62 58,92	32,10 2,64 33,68	13,34 0,58 8,40	2,26 — —	— 7,84 100,0	— — 0,39	M _{0,39} — $\frac{\text{HCO}_3 86}{\text{Ca } 59 \text{ Mg } 34}$
Город Орша Оршанского р-на	1962	41,0	5,33	4,40	7,80	мг/л мг·экв мг·экв %	268,40 4,40 77,32	35,39 0,73 12,84	19,98 0,56 9,84	— 5,69 100,0	69,94 3,49 61,34	22,37 1,84 32,34	8,28 0,36 6,32	0,96 — —	— 5,69 100,0	— — 0,29	M _{0,29} — $\frac{\text{HCO}_3 77}{\text{Ca } 61 \text{ Mg } 32}$
Дер. Заречье Городокского р-на	—	—	6,19	7,89	Сл. щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	481,5 7,89 98,87	3,30 0,06 0,75	0,50 0,03 0,38	— 7,98 100,0	124,0 6,19 77,67	— — —	39,30 1,69 21,20	2,0 0,1 1,13	— 7,98 100,0	— — 0,41	M _{0,41} — $\frac{\text{HCO}_3 99}{\text{Ca } 78 \text{ Na } 21}$
Город Мстиславль Мстиславльского р-на, райкомхоз	1962	115,0	7,22	7,90	7,93	мг/л мг·экв мг·экв %	481,90 7,90 99,24	— — —	1,96 0,06 0,76	— 7,96 100,0	92,58 4,62 58,04	31,62 2,60 32,66	17,02 0,74 9,30	— — —	— 7,96 100,0	— — 0,38	M _{0,38} — $\frac{\text{HCO}_3 99}{\text{Ca } 58 \text{ Mg } 33}$
Дер. Иваново-Огородники Слуцкого р-на, скв. 14	1950	245,0	7,97	7,00	—	мг/л мг·экв мг·экв %	427,0 7,0 85,68	30,44 0,72 8,81	12,39 0,45 5,51	— 8,17 100,0	105,45 5,46 66,83	26,46 2,51 30,72	5,00 0,20 2,45	0,68 — —	— 8,17 100,0	— — 0,39	M _{0,39} — $\frac{\text{HCO}_3 86}{\text{Ca } 67 \text{ Mg } 31}$

Таблица 31

Химический состав подземных рассолов франского водоносного комплекса (в пределах Припятского артезианского бассейна)

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-марн.)	Σ К	Br ⁻	J ⁻	Sr ²⁺	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
Старобин	1954	610—595	—	мг/л мг · экв мг · экв %	30 0,49 0,02	4630 96,40 3,75	87 750 2 474,55 96,22	— 2571,44 100	3 070 135,19 5,96	330 27,14 1,06	55 160 2 388,81 92,98	—	— 2551,14 100,00	—	—	—	150,09	M ₁₃₀ $\frac{Cl\ 96,2}{Na\ 92,98}$
Шестоковичско-Петриковская	1959	2892—2240	4,8	мг/л мг · экв мг · экв %	293 4,80 0,07	181 37,70 0,61	216 035 6 092,89 99,32	— 6135,39 100	60 297 3 008,87 48,82	10 431 857,85 13,92	53 805 2 396,92 36,57	1,0	— 6234,64 100,0	2215,0	68,4	—	343	M ₃₄₃ $\frac{Cl\ 99}{Ca\ 48,8}$
Восточно-Выступовичская 1	1960	3001—2457	5,0	мг/л мг · экв мг · экв %	3,7 0,60 0,02	782 1628 0,30	191 415 5 398,51 99,68	— 7027,11 100	6 851 341,88 6,30	3 491 287,07 5,30	110 673 4 790,96 88,40	—	— 5419,91 100	359,5	2,9	—	313	M ₃₁₃ $\frac{Cl\ 99,6}{Na\ 88}$
Ельск 16		3176—2745	—	мг/л мг · экв мг · экв %	73 1,20 0,02	2189 45,53 0,85	188 997 5 329,72 99,13	— 5376,45 100	2 675 133,48 2,49	243 19,98 0,37	12 012,2 5 217,83 97,14	—	— 5371,29 100,0	26,2	6,2	243	314	M ₃₁₄ $\frac{Cl\ 99}{Na\ 97}$
Наровля 1		2347—2063	—	мг/л мг · экв мг · экв %	4,0 0,65 0,01	350 7,28 0,14	190 830 5 381,40 99,85	— 5389,33 100	39 890 1 990,50 37,07	4 670 383,87 7,15	69 240 2 994,50 55,78	6,1	— 5368,87 100	6,0	1,0	880	132	M ₁₃₂ $\frac{Cl\ 99,8}{Na\ 55,1}$
Стреличев 1	1959	2627—2622,4	—	мг/л мг · экв мг · экв %	373 6,11 0,10	194 4,03 0,06	225 000 6 345,0 99,84	— 6355,14 100	7,360 3661,00 57,67	8 962 733,0 11,60	45 704 1 956,45 30,79	—	— 6354,35 100	3532	40,0	—	354	M ₃₅₄ $\frac{Cl\ 99,8}{Ca\ 57,6}$
Стреличев 2		2531—2524	—	мг/л мг · экв мг · экв %	130 2,13 0,04	740 15,41 0,30	178 820 5 071,50 99,66	— 5089,09 100	16 340 815,4 15,97	2 780 228,60 4,47	3 380 4 061,61 79,56	—	— 5105,60 100	884,4	2,5	—	293	M ₂₉₃ $\frac{Cl\ 99,6}{Na\ 79,5}$

В качественном отношении воды франского водоносного комплекса характеризуются данными химических анализов, сведенных в табл. 30.

Как видно из таблицы, в преобладающем большинстве случаев подземные воды франского водоносного комплекса в пределах западной части Подмосковного артезианского бассейна и северной части Белорусского гидрогеологического массива характеризуются малой минерализацией (0,14—0,41 г/л) при общей жесткости, не превышающей 7,97 мг · экв. Таким образом, химический состав подземных вод этого горизонта аналогичен составу вод четвертичных отложений.

Несколько большая минерализация подземных вод отмечается в скважине г. Мстиславля, что объясняется удалением их от области питания. В некоторых местах в подземных водах этого горизонта отмечается присутствие сероводорода (район г. Витебска).

Подземные воды известняково-доломитовой толщи франского яруса широко используются на территории северо-восточных районов Белоруссии.

На подземных водах этого горизонта основано водоснабжение городов Витебска, Орши, Горок, Городка, Суража, Мстиславля, Россон, городских поселков Клястицы, Освеи, Дубровно, Лиозно и других пунктов. Сведения о наиболее характерных скважинах, получающих воду из указанных отложений, приведены в табл. 32.

Как видно из таблицы, высокое положение кровли водоносного горизонта отмечается на территории Оршанского района Витебской

области. В районе г. пос. Осинторф она находится на абс. отметках 143,44—146,56 м, в районе г. Орши отметки кровли достигают 150,40—162,8 м. На север от г. Орши кровля водоносного горизонта снижается до 101—109,0 м в районе г. Витебска, до 104,0—115 м в районе г. Городка, до 102,90—108,29 м над уровнем моря у ж.-д. ст. Россоны. На юг и юго-восток от г. Орши кровля водоносного горизонта карбонатной толщи франского яруса снижается до 138,0 м (г. Горки), до 141,0 м в г. пос. Дрибин и до 129,0 м в г. Мстиславле Могилевской области.

Пьезометрические уровни водоносного горизонта наиболее высоко держатся в восточной части площади своего распространения.

На территории Городокского, Суражского, Лиозненского, Оршанского и Горецкого районов они находятся на отметках 162,0—166,0 м (г. Городок, ж.-д. ст. Бычиха), 175,0 м (ж.-д. ст. Лиозно), 152—171 м (в районе г. Орши), 173,0 м (в дер. Лиды Оршанского района) и достигает 180 м над уровнем моря в г. Горках. В районе г. Витебска абс. отметки пьезометрических уровней не превышают 128,30—145,37 м над уровнем моря. Вблизи Зап. Двины и Днепра они снижаются до 128—139 м абс. высоты в районе г. Витебска и до 149,0—151,0 м в районе г. Орши.

Сравнение отметок пьезометрических уровней подземных вод франского водоносного комплекса с таковыми водоносных горизонтов четвертичных отложений показывает, что они близки между собой. Это обстоятельство приводит к выводу, что высокое положение пьезо-

Т а б л и ц а 32

Основные гидрогеологические данные по Франскому водоносному комплексу
(в пределах западной части Подмосковского артезианского бассейна и северной части
Белорусского гидрогеологического массива)

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхн. земли	абс. отм. кровли		от поверхн. земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Дер. Освея Верхне- двинского р-на	$\frac{102,41}{135,00}$	27,10	107,90	9,80	6,70	128,30	$\frac{7,20}{0,50}$	14,40
Ж.-д. ст. Россоны Полоцкого р-на	$\frac{47,37}{148,00}$	39,72	108,28	> 7,55	2,63	145,37	$\frac{12,00}{0,47}$	25,50
Дер. Клястицы Полоцкого р-на	$\frac{45,85}{142,0}$	39,10	102,90	> 6,85	10,20	131,80	$\frac{15,60}{2,0}$	7,80
Ж.-д. ст. Бычиха Городокского р-на, Загоренский спиртзавод	$\frac{131,80}{210,0}$	107,48	103,52	> 24,32	45,70	164,30	$\frac{13,20}{—}$	—
Город Городок Городокского р-на	$\frac{80,0}{185,0}$	73,63	111,37	> 6,37	19,0	166,00	$\frac{9,20}{0,20}$	46,00
Город Городок Городокского р-на, ветлечебница	$\frac{70,15}{178,0}$	62,10	115,90	> 8,05	15,40	162,60	$\frac{12,80}{14,60}$	0,87
Дер. Яновичи Суражского р-на, спиртзавод	$\frac{68,45}{165,00}$	52,22	112,78	> 16,23	3,00	162,00	$\frac{26,00}{0,40}$	65,00
Город Новка Суражского р-на, стекольный завод	$\frac{49,0}{165,0}$	39,8	126,0	> 9,20	6,00	159,0	$\frac{20,0}{1,0}$	20,0
С-х «Вымно» Суржаского р-на	$\frac{130,0}{165,0}$	124,0	41,0	> 6,00	—	—	$\frac{3,50}{0,50}$	7,0
С-х «Лужесна» Витебского р-на	$\frac{49,60}{135,0}$	40,90	94,10	> 8,70	14,50	120,50	$\frac{6,0}{1,50}$	4,0
Город Витебск Витебского р-на, фельдшерско-акушерская школа	$\frac{63,0}{160,0}$	58,2	101,0	> 4,80	25,2	134,8	$\frac{17,20}{1,0}$	17,2
Город Витебск, горводопровод, марковщинский водозабор	$\frac{63,80}{138,70}$	18,5	109,8	> 39,5	—	128,4	$\frac{154,0}{3,0}$	51,3
Город Витебск Витебского р-на, горводопровод	$\frac{63,0}{141,1}$	32,0	109,1	> 31,0	2,0	139,1	$\frac{200,0}{2,0}$	100,0
Дер. Белево-Соколы Витебского р-на	$\frac{103,0}{198,0}$	87,6	110,40	> 15,40	56,63	141,37	$\frac{14,8}{—}$	—

Продолжение табл. 32

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхн. земли	абс. отм. кровли		от поверхн. земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Ж.-д. ст. Лиозно Лиозненского р-на	$\frac{76,93}{186,0}$	70,67	115,33	> 6,26	11,0	175,0	$\frac{13,2}{-}$	—
Санаторий «Сосновка» Витебского р-на	$\frac{45,80}{148,0}$	33,18	109,82	> 7,62	10,70	137,30	$\frac{24,0}{\text{нет свед.}}$	—
Г. пос. Осинторф Оршанского р-на, торфозавод	$\frac{48,0}{170,0}$	23,44	146,56	> 24,56	4,50	165,50	$\frac{5,0}{\text{нет свед.}}$	—
Г. пос. Осинторф Оршанского р-на	$\frac{42,86}{170,0}$	26,56	143,44	> 16,30	1,45	168,55	$\frac{30,0}{1,35}$	22,22
Город Орша Оршанского р-на, горводопровод, скв. 2	$\frac{41,0}{166,5}$	14,50	152,0	> 26,50	13,50	153,0	$\frac{102,0}{2,56}$	39,40
Город Орша Оршанского р-на, горводопровод	$\frac{106,0}{161,61}$	60,40	101,21	> 39,60	+1,20	+162,81	$\frac{37,0}{\text{нет свед.}}$	—
Город Орша Оршанского р-на, горводопровод	$\frac{50,0}{184,8}$	22,0	162,8	> 28,0	16,5	168,3		
К-х «Ларноновка» Оршанского р-на	$\frac{46,0}{190,0}$	29,5	160,5	> 16,5	19,0	171,0	$\frac{7,2}{0,5}$	14,14
С-х «Бабиничи» Оршанского р-на	$\frac{60,0}{180,0}$	54,50	125,50	> 5,5	24,0	156,0	$\frac{5,0}{1,0}$	5,0
Город Дубровно Оршанского р-на, ф-ка «Днепровская мануфактура»	$\frac{39,80}{175,0}$	34,0	141,0	> 5,8	10,07	164,93	$\frac{7,80}{0,73}$	10,68
С-х «Устье» Оршанского р-на	$\frac{64,18}{173,34}$	60,34	113,0	> 3,84	7,50	165,84	$\frac{7,8}{5,0}$	1,56
Дер. Ляды Оршанского р-на	$\frac{72,85}{182,0}$	59,14	122,86	> 13,71	8,53	173,47	—	—
Город Горки Горецкого р-на	$\frac{64,8}{190,0}$	51,30	138,70	> 13,5	10,0	180,0	$\frac{24,6}{27,0}$	0,91
Город Мстиславль Мстиславльского р-на	$\frac{88,61}{194,5}$	79,5	115,0	> 9,11	43,0	151,5	$\frac{14,6}{5,0}$	2,9
Город Мстиславль Мстиславльского р-на	$\frac{115,0}{204,0}$	75,0	129,0	> 40,0	50,0	154,0	$\frac{18,0}{3,0}$	6,0
Дер. Дрибни Горецкого р-на	$\frac{37,5}{175,0}$	34,0	141,0	> 3,5	15,0	160,0	$\frac{7,2}{-}$	—

метрической поверхности подземных вод франского водоносного комплекса обусловлено гидравлической связью с подземными водами четвертичной толщи.

Водообильность водоносного горизонта карбонатной толщи франского яруса в зависимости от степени трещиноватости и кавернозности водовмещающих известняково-доломитовых пород изменяется в широких пределах. При этом для одних и тех же горизонтов наибольшая трещиноватость наблюдается вблизи речных долин, с удалением от которых интенсивность водообмена затухает, трещиноватость и закарстованность известняково-доломитовых пород становится меньшей.

На территории, где известняково-доломитовые породы погружаются на большую глубину, трещиноватость и закарстованность их заметно затухает. По данным Д. С. Соколова (1962), наибольшая трещиноватость известняково-доломитовой толщи франского яруса в долине Зап. Двины к северо-востоку от г. Витебска отмечалась на глубину до 35 м от кровли этих отложений или на глубину до 85 м от поверхности земли. Ниже указанной глубины фильтрационная способность известняково-доломитовых пород заметно уменьшалась и на глубине около 135—137 м она была почти в 10 раз меньше, чем в верхней их зоне.

В северо-западной части распространения, охватывающей территорию Полоцкого и Верхнедвинского районов, дебиты отдельных скважин (см. табл. 32), при диаметре конечных обсадных труб 150—200 мм, колеблются от 7,2 до 15,6 м³/час с понижением уровня на 0,47—2,0 м от статического, т. е. удельные дебиты скважин колеблются от 7,8 до 25,5 м³/час. На территории Городокского района удельные дебиты скважин, получающих воду из этого водоносного горизонта, варьируют от 0,87 до 46,0 м³/час (г. Городок). В ряде пунктов Суражского района производительность скважин при диаметре конечных труб от 150 до 200 мм колеблется от 4 до 20 м³/час с понижением уровня на 0,5—1,5 м от статического.

Наиболее высокой водообильностью водоносный горизонт известняково-доломитовой толщи характеризуется в районе городов Витебска и Орши. По данным Г. В. Богомолова (1947), удельные дебиты скважин, расположенных в г. Орше на надпойменной террасе р. Оршицы, составляли более 35 м³/час, а в ур. Липки — 100 м³/час. Большой удельный дебит имела разведочная скважина в районе Кобелянских порогов. При самоизливе на 0,6 м выше поверхности земли он составил 40 м³/час.

К югу от г. Орши водообильность рассматриваемого горизонта заметно уменьшается, что, видимо, объясняется уменьшением трещиноватости и кавернозности водовмещающих отложений.

Удельные дебиты отдельных скважин, эксплуатирующих подземные воды этого горизонта, колеблются от 0,91 (г. Горки) до 13,3 м³/час (дер. Маслаки Горецкого района и ст. Ходосы Мстиславльского района) и до 2,5 м³/час в г. Климовичи.

При высокой водообильности, неглубоком залегании от поверхности земли и вполне удовлетворительном качестве подземных вод франский водоносный комплекс на территории Витебской и в северо-восточных районах Могилевской областей может служить достаточно надежным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Рациональное использование ресурсов подземных вод описанного водоносного комплекса требует всестороннего изучения и охраны его от загрязнения и истощения во всех городах и промышленных центрах, расположенных в области распространения этого горизонта.

Швентойско-тартуский водоносный комплекс ($D_{3+2}^{sv} + t$)

Швентойско-тартуский водоносный комплекс по сравнению с франским водоносным комплексом имеет более широкое распространение на рассматриваемой территории. Описываемый водоносный комплекс широко распространен в пределах северной части Белорусского гидрогеологического массива, западной части Подмосковского артезианского бассейна, а также в пределах Припятского артезианского бассейна. Водовмещающими породами этого комплекса являются мелкозернистые пески и мелкозернистые слабосцементированные песчаники, местами переслаивающиеся с прослоями алевролитов, которые часто делят водоносный горизонт на несколько водоносных подгоризонтов. В западной части Подмосковского артезианского бассейна водоносные прослои (подгоризонты) швентойско-тартуского водоносного комплекса являются обособленными на значительном протяжении и отличаются не только гипсометрическим положением, но и гидродинамическими свойствами (район городов Могилева, Полоцка и др.). Скважины, вскрывшие верхние подгоризонты, почти никогда не дают самоизлива, тогда как при вскрытии нижних подгоризонтов довольно часто на тех же отметках наблюдается фонтанирование скважин с подъемом уровня воды до 3—5 м выше земной поверхности.

Мощность швентойско-тартуского водоносного комплекса колеблется в широких пределах. В северных и восточных районах Белоруссии, охватывающих северную часть Белорусского гидрогеологического массива и западную часть Подмосковского артезианского бассейна, она колеблется от 92,0 до 163,0 м (Верхнедвинск, Городок, Орша, Костюковичи). В западном направлении она закономерно уменьшается. В центральной и северо-западной частях Белорусского гидрогеологического массива она не превышает 25—30 м (Лепель, Борисов, Бобруйск). На территории Припятского артезианского бассейна наибольшая мощность швентойско-тартуского водоносного комплекса отмечается в центральной части бассейна, где она составляет 60—100 м и более. К периферическим частям бассейна мощность водоносного комплекса резко уменьшается, снижаясь до нескольких метров.

Наиболее хорошо швентойско-тартуский водоносный комплекс изучен в северных и восточных районах Белоруссии, где он широко используется буровыми скважинами для целей хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения. Гидрогеологические данные по некоторым скважинам, эксплуатирующим воды швентойско-тартуского водоносного горизонта, сведены в табл. 33.

Как видно из таблицы, швентойско-тартуский водоносный комплекс на территории северных и восточных районов Белоруссии залегает на глубине от 81,5 до 200 м ниже земной поверхности или на отметках от +78 до —60 м. В пределах Припятского артезианского бассейна (табл. 34) глубина залегания кровли этого комплекса колеблется в более значительных пределах. По северному и южному обрамлениям бассейна она варьирует от 69 до 258 м, к центральной части Припятского артезианского бассейна кровля швентойско-тартуского водоносного комплекса резко погружается, достигая 1624,0 м в г. пос. Старобине, 1500 м в районе Червоной Слободы Любанского района, 1924,0 м в районе г. Петрикова, 2532—2559 м в районе г. Наровли и до 3024—3160 м в районе г. Шестовичи.

Пьезометрические уровни подземных вод этого водоносного горизонта располагаются на отметках от 104 (г. Бешенковичи) до 194,0 м (дер. Заболотье Толочинского района). Вблизи долины Зап. Двины

Т а б л и ц а 33

Основные гидрогеологические данные по швентойско-гартускому водоносному комплексу (в пределах северной части Белорусского гидрогеологического массива и западной части Подмосковского артезианского бассейна)

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Город Верхнедвинск Верхнедвинского р-на	$\frac{594,36}{116,0}$	64,50	52,50	140,33	+8,0	124,0	$\frac{25,2}{-}$	—
Город Полоцк на территории б. Спассо-Ефросиньевского монастыря	$\frac{183,36}{130,0}$	150,57	-20,57	32,79	+2,39	132,39	$\frac{19,44}{0,20}$	97,20
Город Новополоцк, нефтеперерабатывающий з-д, скв. 3	$\frac{155,0}{135,7}$	81,5	54,2	>73,5	14,6	121,10	$\frac{60,0}{15,0}$	4,0
Дер. Боровцы Полоцкого р-на	$\frac{246,5}{147,6}$	123,0	24,0	116,0	19,0	128,6	$\frac{14,4}{16,7}$	0,86
Ст. Боровуха Полоцкого р-на	$\frac{150,0}{-140,0}$	112,0	28,0	38,0	20,0	120,0	$\frac{30,0}{4,0}$	7,5
Г. пос. Шумилино Витебского р-на	$\frac{160,0}{160,0}$	135,2	24,8	>24,8	12,0	148,0	$\frac{6,0}{38,0}$	0,16
Город Городок Городокского р-на	$\frac{1265,0}{172,5}$	205,0	32,5	121,45	—	—	—	—
Дер. Глыбочаны Лепельского р-на	$\frac{143,0}{140,0}$	123,0	17,0	>20,0	19,7	120,3	$\frac{25,3}{38,3}$	0,65
Дер. Глубокое Глубокского р-на	$\frac{163,4}{170,0}$	124,0	46,0	37,4	60,0	110,0	$\frac{12,5}{25,0}$	0,5
Дер. Обруб Глубокского р-на	$\frac{123,0}{185,0}$	114,0	71,0	>9,0	37,0	148,0	$\frac{7,99}{7,00}$	1,14
Город Бешенковичи Бешенковичского р-на	$\frac{150,0}{120,0}$	118,0	2,0	31,0	16,0	104,0	$\frac{15,6}{29,0}$	0,54
Дер. Будилово Бешенковичского р-на, овощесушильный з-д	$\frac{298,0}{145,0}$	179,0	-34,0	44,0	10,0	135,0	$\frac{10,0}{20,0}$	0,50
Г. пос. Чашинки Бешенковичского р-на, бумажная фабрика	$\frac{240,0}{140,0}$	200,0	-60,0	>40,0	+20,0	142,0	$\frac{6,0}{2,0}$	3,0
Город Орша Оршанского р-на	$\frac{1094,25}{159,5}$	150,2	9,3	129,9	+13,25	172,75	$\frac{29,4}{\text{при самонизлив. на ур земли}}$	2,26

Продолжение табл. 33

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониженный, м (знаменатель)	
Дер. Заболотье Толочинского р-на	$\frac{201,0}{200,0}$	155,0	45,0	> 28,0	6,0	194,0	$\frac{36,0}{10,0}$	3,6
Город Кричев Мстиславльского р-на	$\frac{206,0}{140,0}$	134,0	6,0	> 72,0	12,0	128,0	$\frac{41,9}{7,0}$	5,98
Дер. Дубровно, с-х «Путь социализма» Шкловского р-на	$\frac{114,0}{192,1}$	89,07	103,0	> 25,0	29,0	163,1	$\frac{4,0}{4,0}$	1,0
Дер. Вильча Могилевского р-на	$\frac{1310,5}{160,0}$	84,0	76,0	129,8	—	—	—	—
Город Могилев, горводопровод, водозабор № 2, Карабаювка	$\frac{206,00}{164,03}$	76,0	88,03	> 130,0	6,42	157,61	$\frac{52,0}{10,65}$	4,7
Город Могилев, горводопровод № 1, Днепровский	$\frac{187,0}{145,03}$	102,0	43,0	> 82,0	+6,25	151,28	$\frac{114,98}{9,8}$	11,6
Город Могилев, шелковая ф-ка	$\frac{117,46}{147,42}$	86,4	61,0	> 31,06	+8,5	155,92	$\frac{76,0}{\text{при самоизл. на ур. земли}}$	8,9
Ст. Реста Чаусского р-на	$\frac{130,3}{165,0}$	100,0	65,0	> 26,0	9,0	156,0	$\frac{43,5}{12,0}$	3,6
Г. Быхов Быховского р-на, ацетоновый з-д	$\frac{227,0}{155,0}$	101,5	43,5	> 50,0	13,0	142,40	—	—
Г. Бобруйск, горводопровод, водозабор № 2	$\frac{130,0}{165,0}$	111,2	53,8	> 18,8	28,0	137,0	$\frac{60,0}{12,3}$	4,9
Г. Бобруйск, горводопровод, водозабор № 2	$\frac{132,0}{165,0}$	111,04	53,96	> 20,96	29,0	136,0	$\frac{23,0}{14,0}$	1,6
Г. Бобруйск, кирпичный з-д № 9	$\frac{125,0}{145,0}$	97,0	48,0	> 28,0	9,0	136,0	$\frac{40,0}{16,1}$	2,5
Дер. Кислевичи Бобруйского р-на	$\frac{122,50}{158,0}$	110,8	47,2	> 11,7	25,5	132,5	$\frac{7,0}{—}$	—
Дер. Глуша Бобруйского р-на	$\frac{109,0}{170,0}$	104,2	65,8	> 4,8	12,0	65,8	$\frac{12,0}{9,0}$	1,3

Т а б л и ц а 34

Основные гидрогеологические данные по швентойско-тартускому водоносному комплексу
(в пределах Припятского артезианского бассейна)

Название скважины	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водонос. горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли, м		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Стреличевская 1-Р	$\frac{2793,55}{122}$	2600	2478	70	800	—678	$\frac{2,4}{441,0}$	0,005
Стреличевская 2-Р	$\frac{2619}{122}$	2565	2443	13	600	—478	$\frac{12,0}{280,0}$	0,043

они снижаются до 124,0 м в г. Верхнедвинске и 121 м в районе городов Полоцка и Новополоцка. В долине Днепра пьезометрические уровни швентойско-тартуского водоносного комплекса находятся на отметках 172,7—146,20 м (район городов Орши и Могилева), в долине р. Сожа они снижаются до отметки 128,0 м (г. Кричев). Общее понижение пьезометрической поверхности швентойско-тартуского водоносного комплекса наблюдается с запада на восток, т. е. в сторону Подмосковского артезианского бассейна.

Водообильность швентойско-тартуского водоносного комплекса изменяется в широких пределах, что объясняется непостоянством литологического состава водовмещающих отложений и их мощности. В северных районах Белоруссии, где водовмещающие породы представлены мелко- и среднезернистыми, хорошо промытыми песками и пористыми песчаниками общей мощностью более 60—80 м, производительность отдельных скважин, при диаметре конечных труб 150—200 мм, достигает 60—72 м³/час. Понижение пьезометрического уровня при данных дебитах не превышает 10,0 м (г. Новополоцк, ж.-д. ст. Боровуха). В районе г. Орши дебиты отдельных скважин составляют 36—40 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 3,35—10,0 м (г. Орша, дер. Заболотье Оршанского района).

В районе г. Бобруйска производительность отдельных скважин варьирует в больших пределах. На кирпичном заводе № 9 дебит скважины составлял до 40 м³/час при небольшом понижении. Производительность скважин на втором водозаборе изменяется от 23 м³/час при понижении уровня на 14,0 м от статического до 60,0 м³/час с понижением пьезометрического уровня на 12,2 м.

Таким образом, швентойско-тартуский водоносный комплекс содержит значительные ресурсы подземных вод, которые могут служить достаточно надежным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения с крупным водопотреблением.

Питание водоносного комплекса осуществляется в краевых частях его распространения путем перетекания подземных вод из франского водоносного комплекса или из вышележащих отложений верхнего мела и четвертичной толщи в местах их контактирования.

Находясь в зоне интенсивного водообмена, подземные воды швентойско-тартуского водоносного комплекса в западной части своего распространения, характеризуются малой минерализацией с плотным

остатком от 0,15 до 0,45 г/л и относятся к типу гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод (табл. 35). Исключение составляет лишь северная часть Белорусского гидрогеологического массива (города Полоцк и Новополоцк), где в результате подтока высокоминерализованных вод из нижележащих водоносных горизонтов и комплексов, подземные воды швентойско-тартуского водоносного комплекса обогащаются хлоридами натрия и в связи с этим приобретают четко выраженные черты смешанных гидрокарбонатно-хлоридно-кальциево-натриево-магниевых вод с минерализацией 0,49—0,71 г/л (Козлов и Медведева, 1963), или хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 1,5 г/л, как это наблюдается в г. Полоцке (Козлов, 1957).

По мере погружения водовмещающих пород швентойско-тартуского водоносного комплекса в сторону Подмосковного артезианского бассейна минерализация подземных вод швентойско-тартуского водоносного комплекса закономерно возрастает и на глубине 200—300 м достигает 2,8—3,1 г/л, приобретая черты смешанных хлоридно-сульфатно-натриево-кальциево-магниевых (г. Городок), гидрокарбонатно-сульфатно-натриевых (г. Осинторф) и четко выраженных сульфатно-натриевых (г. Богушевск) вод.

В санитарном отношении воды швентойско-тартуского водоносного комплекса отличаются хорошим качеством (коли-титр более 300).

Значительные ресурсы и вполне удовлетворительное качество подземных вод швентойско-тартуского водоносного комплекса на территории северных и восточных районов Белоруссии позволяют отнести этот комплекс к числу основных, который может служить достаточно надежным источником хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения с крупным водопотреблением. В настоящее время на подземных водах этого комплекса основано водоснабжение городов Могилева, Бобруйска и ряда других населенных пунктов и промышленных предприятий. На подземных водах этого комплекса будет основано и водоснабжение городов Новополоцка и Полоцка с его промышленными предприятиями.

В пределах Припятского артезианского бассейна водоносность швентойско-тартуских отложений изучена пока слабо. Имеющиеся материалы позволяют лишь указать, что гидрогеологические условия швентойско-тартуских отложений характеризуются весьма слабым или почти полным отсутствием водообмена с земной поверхностью, в связи с чем здесь формируются только высококонцентрированные рассолы разного химического состава и минерализации.

Швентойско-тартуский водоносный комплекс в пределах Припятского артезианского бассейна был опробован только на Стреличевской структуре (Хойникский район) в интервале 2565—2578 и 2660—2665 м. На указанных глубинах содержатся высококонцентрированные рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого типа с минерализацией до 354 г/л и температурой более 50°С (Гатальский, 1963). Рассолы содержат большое количество брома (3821 мг/л), йода (31,0 мг/л) и стронция (1704 мг/л), табл. 36. При откачке из скв. 2 приток воды при понижении уровня на 441,0 м от статического не превышал в скважину составлял 12 м³/час при понижении уровня на 280 м от статического. В скв. 1 приток воды при понижении уровня на 441,0 м от статического не превышал 2,4 м³/час (см. табл. 34). Эти рассолы могут представлять интерес как сырье для химической промышленности.

Таблица 35

Химический состав подземных вод швентойско-тартуского водоносного комплекса (в пределах северной части Белорусского гидрогеологического массива и западной части Подмосковского артезианского бассейна)

Местонахождение скважины	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (суммарн.)	Σ К.	Минерализация воды, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Дер. Боровцы Полоцкого р-на	1962	183,0—190,0	4,34	4,34	7,4	мг/л мг·экв мг·экв %	341,6 5,6 96,06	1,03 0,02 0,34	7,32 0,21 3,60	— 5,83 100,0	54,71 2,73 46,83	19,58 1,61 27,61	34,27 1,49 25,56	— — —	— 5,83 100,0	— — 0,29	M _{0,29} $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca 47 Mg 27 Na 25}}$
Ст. Боровуха Полоцкого р-на	1962	112,0	5,28	5,28	—	мг/л мг·экв мг·экв %	378,2 6,20 96,88	1,64 0,04 0,62	3,88 0,16 2,15	— 6,40 100,0	68,14 3,40 53,12	22,86 1,88 29,38	25,76 1,12 17,50	1,76 — —	— 6,40 100,0	— — 0,31	M _{0,31} $\frac{\text{HCO}_3 97}{\text{Ca 53 Mg 29}}$
Дер. Почтари Полоцкого р-на	1961	180,0	7,69	7,69	—	мг/л мг·экв мг·экв %	515,45 8,45 94,94	— — —	16,0 0,45 5,06	— 8,90 100,0	98,4 4,91 55,16	33,80 2,78 31,24	27,83 1,21 13,60	Сл. — —	— 8,90 100,0	— — 0,43	M _{0,43} $\frac{\text{HCO}_3 95}{\text{Ca 55 Mg 31}}$
Город Новополоцк Полоцкого р-на	1960	131,0—153,0	7,13	6,5	7,4	мг/л мг·экв мг·экв %	396,5 6,50 67,22	1,20 0,02 0,21	112,3 3,15 32,57	— 9,67 100,0	92,1 4,59 46,51	31,2 2,54 25,73	63,3 2,74 27,76	2,3 — —	— 9,87 100,0	— — 0,50	M _{0,5} $\frac{\text{HCO}_3 67 \text{ Cl } 32}{\text{Ca 46 Na 28 Mg 26}}$
Город Новополоцк Полоцкого р-на	1962	131,0—153,0	7,69	6,26	8,1	мг/л мг·экв мг·экв %	383,1 6,26 56,14	1,6 0,03 0,27	172,5 4,86 43,59	— 11,15 100,0	98,6 4,91 44,04	34,2 2,78 24,93	79,1 3,46 31,03	2,3 — —	— 11,15 100,0	— — 0,58	M _{0,58} $\frac{\text{HCO}_3 56 \text{ Cl } 44}{\text{Ca 44 Na 31 Mg 25}}$
Город Новополоцк Полоцкого р-на	1961	179,0—201,0	8,59	5,59	—	мг/л мг·экв мг·экв %	359,9 5,89 43,02	11,5 0,24 1,75	268,1 7,56 55,23	— 13,69 100,0	101,1 5,05 36,89	43,1 3,54 25,86	117,5 5,10 37,25	1,4 — —	— 13,69 100,0	— — 0,72	M _{0,7} $\frac{\text{HCO}_3 43 \text{ Cl } 55}{\text{Na 37 Ca 37 Mg 26}}$
Город Городок Городокского р-на	1950	263,0	28,67	2,7	—	мг/л мг·экв мг·экв %	164,0 2,7 5,14	638,0 13,28 25,27	1297,0 36,57 69,59	— 52,55 100,0	334,0 16,70 31,78	146,0 11,97 22,78	549,0 23,88 45,44	— — —	— 52,55 100,0	— — 51,28	M ₅₁ $\frac{\text{Cl } 69}{\text{Na 45 Ca 32 Mg 23}}$
Город Глубокое Глубокского р-на	1962	124,0—161,4	4,30	4,30	8,2	мг/л мг·экв мг·экв %	340,0 5,60 82,35	7,40 1,15 16,92	2,00 0,05 0,73	— 6,80 100,0	52,0 4,3 63,44	— — —	58,0 2,5 36,56	1,28 — —	— 6,80 100,0	— — 0,34	M _{0,34} $\frac{\text{HCO}_3 82}{\text{Ca 63 Na 36}}$
Дер. Глыбочаны Ушачского р-на	1962	123,0—143,0	6,6	6,0	7,4	мг/л мг·экв мг·экв %	370,0 6,00 76,73	20,0 0,41 18,03	— 7,22 100,0	130,0 6,6 84,40	130,0 6,6 84,40	— — —	28,0 1,22 15,60	— — —	— 7,82 100,0	— — 0,41	M _{0,41} $\frac{\text{HCO}_3 77}{\text{Ca 84}}$
Дер. Будилово Бешенковичского р-на, овощесушильный з-д	1962	179,0—223,0	5,80	5,8	8,0	мг/л мг·экв мг·экв %	353,8 5,8 79,67	12,76 0,26 3,57	43,13 1,22 16,6	— 7,28 100,0	66,13 3,30 45,33	30,40 2,5 34,34	34,04 1,48 20,33	2,26 — —	— 7,28 100,0	— — 0,37	M _{0,37} $\frac{\text{HCO}_3 79}{\text{Ca 45 Mg 34}}$
Город Бешенковичи Бешенковичского р-на	1962	118,0—149,0	5,8	5,8	7,5	мг/л мг·экв мг·экв %	460,2 7,7 89,43	— — —	32,35 0,31 10,57	— 8,61 100,0	34,98 1,74 20,21	49,33 4,06 47,15	64,63 2,81 32,64	— — —	— 8,61 100,0	— — 0,45	M _{0,45} $\frac{\text{HCO}_3 89}{\text{Mg 47 Na 33}}$
Дер. Салегы Бешенковичского р-на	1960	73,7—130,0	5,20	5,20	6,8	мг/л мг·экв мг·экв %	347,7 5,60 96,38	4,11 0,08 1,38	4,43 0,13 2,24	— 5,81 100,0	78,87 3,93 67,64	15,56 1,27 21,86	14,0 0,61 10,50	0,46 — —	— 5,81 100,0	— — 0,30	M _{0,30} $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca 68 Mg 22}}$
Город Чашники Бешенковичского р-на	1960	200,0—240,0	6,32	6,10	7,7	мг/л мг·экв мг·экв %	372,10 6,10 77,21	38,27 0,80 10,13	35,29 1,00 12,66	— 7,90 100,0	83,16 4,15 52,53	26,39 2,17 27,47	36,34 1,58 20,00	3,76 — —	— 7,90 100,0	— — 0,40	M _{0,40} $\frac{\text{HCO}_3 77}{\text{Ca 52 Mg 27}}$

Местонахождение скважины	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO_3^-	SO_4^{2-}
			общая	карбонатная				
Ст. Бурбии Сенинского р-на	1939	91,41—120,0	5,22	5,22	Сл. щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	360,0 5,9 97,68	— — —
Город Бобруйск Бобруйского р-на, кирпичный з-д № 9	1948	106,0—120,0	3,99	3,99	7,2	мг/л мг·экв мг·экв %	2,45 3,99 93,44	Сл. — —
С-х «Дашковка» Могилевского р-на	1933	86,5—89,0	4,11	3,89	—	мг/л мг·экв мг·экв %	237,9 3,89 90,05	4,92 0,10 2,31
Город Орша Оршанского р-на	1949	155,0	8,71	8,41	—	мг/л мг·экв мг·экв %	513,0 8,41 88,34	16,0 0,34 3,57
Город Могилев Могилевского р-на	1935	86,21—239,80	4,18	4,00	—	мг/л мг·экв мг·экв %	244,0 4,00 91,12	16,4 0,34 7,74
Город Могилев Могилевского р-на	1960	112,4—119,1	4,16	4,16	—	мг/л мг·экв мг·экв %	290,0 4,70 95,53	Сл. — —

Наровско-пярнуский водоносный комплекс ($D_2nr + pr$)

Наровско-пярнуский водоносный комплекс имеет широкое распространение на территории Белоруссии. Западная его граница совпадает с границей распространения отложений среднего девона.

В пределах Белорусского гидрогеологического массива он залегает под меловыми, палеогеновыми или непосредственно под четвертичными отложениями на глубине от 96 до 272 м или на отметках +151 до —83 м абс. высоты. В сторону Подмосковного артезианского бассейна наровско-пярнуские отложения погружаются на глубину до 280—290 м (абс. отм. 120 м), уходя под швентойско-тартуские песчано-глинистые породы. В пределах Припятского артезианского бассейна наровско-пярнуский водоносный комплекс залегает на глубине до 2500—4500 м под соленосными отложениями франского и фаменского ярусов верхнего девона.

Водовмещающими породами наровско-пярнуского водоносного комплекса являются неравномерно трещиноватые, местами кавернозные доломиты, доломитизированные известняки и реже трещиноватые разности доломитизированных мергелей, переслаивающихся с глинами, песчаники и пески. В толще мергелей и глин нередко встречаются прослои, линзы и гнезда гипса, играющие большую роль в формировании химического состава подземных вод.

Чистые глинистые прослои делят наровско-пярнуский водоносный комплекс на ряд невыдержанных по простираанию водоносных слоев различной мощности, то гидравлически связанных, то обособленных

Продолжение табл. 35

Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум- марн.)	Σ К	Минерализация воды, г/л	Формула химического состава воды
5,0 0,14 2,32	— 6,04 100,0	101,9 3,63 60,10	32,0 1,59 26,32	19,0 0,82 13,58	— — —	— 6,04 100,0	— — 0,34	M _{0,34} — $\frac{\text{HCO}_3\ 98}{\text{Ca 60 Mg 26}}$
10,0 0,28 6,56	— 4,27 100,0	80,0 3,99 93,44	— — —	6,5 0,28 6,56	— — —	— 4,27 100,0	— — 0,21	M _{0,21} — $\frac{\text{HCO}_3\ 93}{\text{Ca 93}}$
11,52 0,33 7,64	62,92 4,32 100,0	62,92 3,13 72,45	12,36 0,93 22,69	5,93 0,21 4,86	— — —	— 4,32 100,0	— — 0,21	M _{0,21} — $\frac{\text{HCO}_3\ 90}{\text{Ca 72 Mg 23}}$
27,0 0,77 8,08	— 9,52 100,0	104,0 5,19 54,52	43,0 3,52 36,97	19,0 0,82 8,61	— — —	— 9,52 100,0	— — 0,46	M _{0,46} — $\frac{\text{HCO}_3\ 88}{\text{Ca 54 Mg 37}}$
1,70 0,05 1,14	— 4,39 100,0	57,88 2,88 65,60	15,90 1,30 29,62	4,40 0,21 4,78	— — —	— 4,39 100,0	— — 0,22	M _{0,22} — $\frac{\text{HCO}_3\ 91}{\text{Ca 66 Mg 29}}$
8,0 0,22 4,47	— 4,92 100,0	56,52 2,82 57,32	16,05 1,34 27,23	18,0 0,76 15,45	— — —	— 4,92 100,0	— — 0,24	M _{0,24} — $\frac{\text{HCO}_3\ 95}{\text{Ca 57 Mg 27}}$

между собой и имеющих различные пьезометрические уровни. Водосодержащие прослои в разрезе наровско-пярунских отложений занимают обычно подчиненное положение и в связи с этим наровско-пярунские отложения в целом можно рассматривать как региональный относительно водоупор, отделяющий подземные воды ниже- и вышележащих водоносных горизонтов и комплексов.

Мощность наровско-пярунского водоносного комплекса закономерно изменяется с запада на восток, в сторону Подмосковного артезианского бассейна. В пределах Белорусского гидрогеологического массива, занимающего западные районы распространения водоносного комплекса, она колеблется от 6,8 до 76 м.

В пределах западной части Подмосковного артезианского бассейна мощность наровско-пярунского водоносного комплекса изменяется от 142—146 (города Орша, Городок) до 131—202 м (дер. Вильчицы, Могилевского района и г. Костюковичи). На территории Припятского артезианского бассейна она варьирует от 7,5 (г. Петриков) до 100—103 м (дер. Шестовичи), наиболее распространенные мощности на этой территории 20 м.

Пьезометрические уровни наиболее высокие в северо-западной части распространения водоносного горизонта. В отдельных скважинах Минского, Молодечненского, Вилейского, Логойского и Поставского районов они достигают 184—251 м над уровнем моря. В пределах северной части Белорусского гидрогеологического массива пьезометрические уровни снижаются до 135—177 м абс. высоты. На востоке и юго-востоке они устанавливаются на отметках от 137 до 164 м абс. высоты.

Таблица 36

Химический состав подземных рассолов шенгитско-таргского водоносного комплекса
(в пределах Припугского артезианского бассейна)

	Средняя величина площади			Средняя величина площади			Расширенная площадь		
	(1921-1927 г. и 1959 г.) [*]			(1955-1960 г. и 1961 г.)			(1930-1960 г. и 1959 г.)		
Состав вод	40-400 г			40-400 г			40-400 г		
	г/л	мг/л	мг/100 г	г/л	мг/л	мг/100 г	г/л	мг/л	мг/100 г
Катионы									
Na ⁺ + K ⁺	45,70(0)	1955,35	30,79	47,25(0)	2022,08	31,83	15,55(72)	536,42	8,19
Mg ²⁺	8,30(20)	737,0	11,60	8,13(0)	660,1	10,51	13,391	1101,28	15,13
Ca ²⁺	75,30(0)	3061,0	57,61	75,3(0)	3061,0	57,63	111,83(02)	5580,2	76,68
ΣK	—	6351,0	100,0	—	6352,18	100,0	—	7277,90	100,0
Анионы									
Cl ⁻	22,0(0)	6315,0	10,94	22,5(00)	6318,0	9,94	25,63(22)	7244,21	93,49
SO ₄ ²⁻	0,19(0)	4,94	0,06	0,18(3)	3,88	0,06	0,02(702)	0,58	0,01
HCO ₃ ⁻	0,37(30)	611	0,10	—	—	—	0,02(4)	0,40	0,00
ΣA	—	6351,5	100,0	—	6321,88	100,0	—	7265,19	100,0
NH ₄ ⁺ и др.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F ⁻	—	—	—	—	—	—	400,46	—	—
Mn ²⁺	128,2	—	—	117,9	—	—	—	—	—
Br ⁻	332,0	—	—	332,0	—	—	3750,61	—	—
I ⁻	33,36	—	—	31,46	—	—	3,79	—	—
S ²⁻	1083,0	—	—	1701,0	—	—	1800,1	—	—
B ³⁺	—	—	—	28,12 (HBO ₃)	—	—	—	—	—
Микроэлементы, г/л	33,541	—	—	354,76	—	—	337,13	—	—
pH	5,0	—	—	5,0	—	—	—	—	—
M _{кати}			M _{ани}			M _{сум}			
Cl 99,8			Cl 99,9			Cl 99			
Ca 57,6 Na 30,8			Ca 57,6 Na 31,8			Ca 76,7			

* В скобках даны данные обработки и год отбора пробы воды.

В западной части Припятского артезианского бассейна пьезометрические уровни снижаются до 133 м над уровнем моря (табл. 37).

Интересно при этом отметить, что наиболее высокие пьезометрические уровни наровско-пярнуского водоносного комплекса отмечаются в пределах Минской возвышенности, Ошмянской и Свенцянской гряд, что свидетельствует о гидравлической связи подземных вод наровско-пярнуского водоносного комплекса с подземными водами вышележащих горизонтов четвертичных отложений, за счет которых осуществляется их питание.

Подземные воды наровско-пярнуского водоносного комплекса лучше всего изучены в центральных и северо-западных районах Белоруссии, где они были вскрыты и эксплуатируются многими буровыми скважинами.

Как видно из данных табл. 37, водообильность наровско-пярнуского водоносного комплекса изменяется в широких пределах, что объясняется неравномерной трещиноватостью известняково-доломитовых пород и изменением их мощности.

В пределах северной части Белорусского гидрогеологического массива (г. Новополоцк) из бесфильтровой скважины диаметром 150 мм при понижении пьезометрического уровня на 20 м дебит ее не превышал $0,7 \text{ м}^3/\text{час}$, т. е. удельный дебит составлял всего лишь $0,03 \text{ м}^3/\text{час}$. На территории Браславского и Поставского районов дебиты отдельных скважин составляли от $10 \text{ м}^3/\text{час}$ с понижением на 9—10 м до $38 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении пьезометрического уровня на 16 м. На территории центральной и восточной частей Белорусского гидрогеологического массива производительность отдельных эксплуатационных скважин колеблется от $5 \text{ м}^3/\text{час}$ с понижением уровня на 17 м от статического до $25 \text{ м}^3/\text{час}$ при таком же понижении, и только в районе ж.-д. ст. Осиповичи дебит одной скважины достигал $47,1 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня на 10 м от статического. Удельный дебит скважины, составлявший $4,71 \text{ м}^3/\text{час}$, является максимальным на всей площади распространения водоносного горизонта.

В Припятском артезианском бассейне наровско-пярнуский водоносный комплекс опробован в дер. Червоная Слобода, Любанского района, г. Петрикове, дер. Анисимовке, Ельского района и в г. Брагине. По данным М. А. Гатальского (1963), водообильность наровско-пярнуского водоносного комплекса очень мала. Дебиты отдельных скважин при значительных понижениях статического уровня не превышают $1,25 \text{ м}^3/\text{час}$.

Химический состав подземных вод наровско-пярнуского водоносного комплекса довольно разнообразный. В западной части распространения водоносного комплекса, охватывающей восточную часть Белорусского гидрогеологического массива, где водовмещающие породы хорошо промыты и выщелочены, подземные воды этого комплекса имеют малую минерализацию ($0,26—0,56 \text{ г/л}$). В восточном направлении, в сторону Подмосковного артезианского бассейна, наровско-пярнуский водоносный комплекс погружается на большую глубину под швентойско-тартуские отложения. Условия водообмена с поверхностью здесь затруднены и водовмещающие отложения промыты слабо. Подземные воды здесь слабо- и сильносоленоватые ($1,8—5,2 \text{ г/л}$) и относятся к типу сульфатно-кальциево-магниевых или сульфатно-хлоридно-кальциево-магниевых вод. В нижних частях наровско-пярнуского водоносного комплекса воды смешанного сульфатно-хлоридно-кальциево-

Таблица 37

Основные гидрогеологические данные по наровско-пярнускому водоносному комплексу

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от по-верхн. земли	абс. отм. кровли		от по-верхн. земли	абс. отм.	попийж. уровня, м (знаменатель)	
Дер. Мильки Браславского р-на	$\frac{170,0}{150,0}$	120,0	30,0	25,0	15,0	135,0	$\frac{10,0}{10,0}$	1,0
Город Новополоцк Полоцкого р-на	$\frac{349,5}{134,8}$	240,0	—105,2	50,0	17,0	117,8	$\frac{0,7}{20,0}$	0,035
Дер. Кашицы Поставского р-на	$\frac{104,0}{190,0}$	69,0	121,0	32,0	6,0	184,0	$\frac{10,0}{9,0}$	1,10
Дер. Лынтупы Поставского р-на	$\frac{228,0}{210,0}$	90,0	120,0	38,5	17,0	193,0	$\frac{38,0}{16,0}$	2,4
Дер. Купа Мядельского р-на	$\frac{540,9}{167,0}$	84,0	—83,0	46,15	+0,15	167,15	$\frac{23,76}{\text{нет свед.}}$	—
Дер. Телепни Бешенковичского р-на	$\frac{351,0}{145,0}$	278,2	—133,0	72,8	7,0	138,0	$\frac{6,5}{7,2}$	0,9
Город Орша Оршанского р-на	$\frac{1094,25}{159,6}$	280,0	120,40	142,0	—	—	—	—
Г. пос. Плещеницы Логойского р-на	$\frac{203,5}{218,0}$	144,0	74,0	52,0	26,0	192,0	$\frac{5,0}{17,0}$	0,3
Дер. Путилово Логойского р-на	$\frac{238,0}{240,0}$	170,0	70,0	64,0	23,0	217,0	$\frac{25,7}{17,0}$	1,51
Дер. Ловцевичи Вилейского р-на	$\frac{136,0}{269,1}$	118,0	151,1	12,0	18,0	251,1	$\frac{12,0}{21,0}$	0,6
Дер. Залесье Молодечненского р-на	$\frac{287,15}{270,0}$	272,4	—2,4	14,75	62,0	208,0	$\frac{4,32}{10,0}$	0,43
Город Борисов Борисовского р-на	$\frac{288,80}{175,0}$	137,0	38,0	>50,0	18,0	157,0	8,6	—
Раб. пос. Жодино Минского р-на	$\frac{185,0}{168,0}$	112,5	55,5	>72,0	10,0	158,0	$\frac{43,0}{25,0}$	1,70
Город Минск Минского р-на	$\frac{286,0}{206,94}$	154,0	52,04	76,0	8,5	198,44	$\frac{10,8}{10,0}$	1,10
Дер. Шацк Марьиногорковского р-на	$\frac{132,85}{178,0}$	121,0	57,0	>11,85	4,50	173,50	$\frac{11,1}{6,50}$	1,70
Г. пос. Березино Червенского р-на	$\frac{130,0}{157,0}$	120,0	37,0	18,0	3,0	154,0	$\frac{12,96}{\text{незнач.}}$	12,96
Город Могилев Могилевского р-на	$\frac{342,9}{170,0}$	290,0	—120,0	52,9	15,8	154,20	$\frac{9,20}{—}$	—
Дер. Малая Ганута Червенского р-на	$\frac{150,5}{170,0}$	115,6	54,4	34,9	6,6	163,4	$\frac{35,0}{17,0}$	2,06

Продолжение табл. 37

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного горизонта, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Дер. Горки Червеинского р-на	$\frac{150,0}{169,7}$	114,4	55,3	35,6	5,0	164,7	$\frac{15,0}{15,0}$	1,0
Дер. Лапичи Бобруйского р-на	$\frac{170,65}{159,0}$	96,0	63,0	74,65	7,3	151,7	$\frac{26,0}{40,2}$	0,7
Ст. Осиповичи Бобруйского р-на	$\frac{120,50}{158,33}$	105,40	42,93	14,60	5,6	152,73	$\frac{47,10}{10,0}$	4,7
Город Бобруйск Бобруйского р-на	$\frac{191,0}{138,61}$	178,5	-0,39	12,5	+2,65	141,26	$\frac{0,8}{19,08}$	0,01
Город Рогачев Рогачевского р-на	$\frac{723,75}{140,0}$	166,5	-26,5	127,0	2,20	137,8	$\frac{2,3}{40,0}$	0,05
Дер. Лунинец Лунинецкого р-на	$\frac{130,0}{135,0}$	60,0	75,0	>70,0	1,50	133,50	$\frac{30,0}{-}$	—

натриевого состава сменяются хлоридно-натриевыми водами и являются сильносоленоватыми. Данные о химическом составе подземных вод этого водоносного комплекса сведены в табл. 38.

На территории Припятского артезианского бассейна подземные воды наровско-пярнуского водоносного комплекса характеризуются пестрым составом и высокой минерализацией. В районе дер. Червоная Слобода, расположенной у северного борта бассейна, наровско-пярнуский водоносный комплекс был опробован в интервале глубин 1700—1706 и 1724—1736 м. На указанных глубинах содержатся высококонцентрированные рассолы хлоридно-натриевого состава с минерализацией от 153 до 197 г/л. В рассолах содержатся от 233 до 322 мг/л брома и от 2 до 5 мг/л йода.

В дер. Анисимовке, расположенной в Ельской депрессии, наровско-пярнуский водоносный комплекс опробован на глубинах 2902—2910 и 2954—2946 м. Из обоих интервалов были получены высококонцентрированные рассолы хлоридно-кальциевого типа с минерализацией до 376 г/л. В отличие от Червоно-Слободской скважины рассолы Анисимовской скважины содержат до 4161—4335,6 мг/л брома и до 15 мг/л йода. Высококонцентрированные рассолы в наровско-пярнуском водоносном комплексе получены также в скважинах городов Петрикова и Брагина (Гатальский, 1963).

Пресные воды наровско-пярнуского водоносного комплекса могут служить источником хозяйственно-питьевого водоснабжения в ряде районов. Минерализованные воды сульфатно-кальциево-магниевого, сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевого типа представляют интерес с лечебной точки зрения, а высококонцентрированные рассолы — как сырье для химической промышленности.

Химический состав подземных вод

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
			общая	карбонатная				
Дер. Мильки Браславского р-на	1960	142,0—170,0	4,51	4,51	8,2	мг/л мг·экв мг·экв %	370,0 6,1 95,16	0,70 0,01 0,16
Город Новополоцк Полоцкого р-на	1961	321,4—338,5	56,68	1,60	—	мг/л мг·экв мг·экв %	97,6 1,6 0,80	3288,0 68,47 34,07
Дер. Почтари Полоцкого р-на	1961	244,0—318,9	48,59	1,61	—	мг/л мг·экв мг·экв %	97,60 1,61 0,97	3073,1 63,98 38,63
Дер. Каминцы Поставского р-на	1960	87,0—93,0	4,15	4,15	7,5	мг/л мг·экв мг·экв %	280,9 4,6 88,63	15,60 0,32 6,17
Санаторий «Летцы» Витебского р-на	1961	288,0—430,0	21,33	2,0	6,6	мг/л мг·экв мг·экв %	122,0 2,0 3,63	765,39 15,94 28,90
Дер. Телепни Бешенковичского р-на	1960	278,0—351,0	6,40	6,40	7,2	мг/л мг·экв мг·экв %	427,0 6,83 92,3	2,88 0,06 0,81
Отд. Гнєвцы, с-х «Гольшаны» Ошмянского р-на	1961	235,0	4,99	4,99	8,1	мг/л мг·экв мг·экв %	309,0 5,00 96,90	5,30 0,10 1,94
Г. пос. Плещеницы Логойского р-на	1960	144,0—172,0	3,99	3,99	7,6	мг/л мг·экв мг·экв %	280,0 4,55 97,64	4,10 0,08 1,72
Дер. Ловцевичи Вилейского р-на	1960	118,0—130,0	5,23	5,23	7,55	мг/л мг·экв мг·экв %	330,0 5,45 98,73	1,20 0,02 0,36
Дер. Залесье Молодечненского р-на	1957	272,4—278,15	4,50	4,50	2,7	мг/л мг·экв мг·экв %	317,2 5,13 96,98	— — —
Дер. Путилово Логойского р-на	1962	238,0	9,10	9,10	7,5	мг/л мг·экв мг·экв %	710,0 10,0 96,90	— — —
Город Борисов Борисовского р-на	1936	180,0	23,00	2,60	—	мг/л мг·экв мг·экв %	158,60 2,60 10,24	1024,60 21,30 83,86
Город Минск, Степянка	1957	239,0	2,82	2,82	0,30	мг/л мг·экв мг·экв %	280,6 4,6 90,91	7,38 0,15 2,96

Таблица 38

наровско-пянского водоносного комплекса

СГ ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум- марн.)	Σ К	Мине- рали- зация, г/л	Формула химического состава воды
11,0 0,30 4,68	— 6,41 100,0	57,3 2,86 44,62	20,1 1,65 25,74	44,0 1,90 29,64	1,29 — —	— 6,41 100,0	— — 0,39	M _{0,39} $\frac{\text{HCO}_3 \ 95}{\text{Ca } 44 \ \text{Na } 30 \ \text{Mg } 26}$
4641,7 130,9 65,13	— 200,97 100,00	813,42 40,59 20,20	195,68 16,09 8,01	3318,67 144,29 71,79	— — —	— 200,97 100,00	— — 12,31	M _{12,31} $\frac{\text{Cl } 65 \ \text{SO}_4 \ 34}{\text{Na } 72 \ \text{Ca } 20}$
3547,6 100,04 60,40	— 165,63 100,00	721,8 36,02 21,75	152,88 12,57 7,59	2691,8 117,04 70,66	— — —	— 165,63 100,00	— — 10,24	M _{10,24} $\frac{\text{Cl } 60 \ \text{SO}_4 \ 39}{\text{Na } 71 \ \text{Ca } 22}$
9,80 0,27 5,20	— 5,19 100,00	43,30 2,15 41,42	24,70 2,00 38,54	24,00 1,04 20,04	0,16 — —	— 5,19 100,00	— — 0,26	M _{0,26} $\frac{\text{HCO}_3 \ 89}{\text{Ca } 41 \ \text{Mg } 38}$
1319,57 37,21 67,47	— 55,15 100,00	252,9 12,62 22,89	105,92 8,71 15,79	790,0 33,82 61,32	— — —	— 55,15 100,00	— — 1,97	M _{1,97} $\frac{\text{Cl } 67 \ \text{SO}_3 \ 29}{\text{Na } 61 \ \text{Ca } 23}$
18,43 0,51 6,89	— 7,40 100,00	76,30 3,85 52,03	30,90 2,55 34,46	22,0 0,95 12,84	1,44 0,05 0,67	— 7,40 100,00	— — 0,37	M _{0,37} $\frac{\text{HCO}_3 \ 92}{\text{Ca } 52 \ \text{Mg } 34}$
2,10 0,06 1,16	— 5,16 100,00	66,90 3,34 64,73	20,10 1,65 31,98	4,0 0,17 3,29	0,53 — —	— 5,16 100,00	— — 0,25	M _{0,25} $\frac{\text{HCO}_3 \ 97}{\text{Ca } 65 \ \text{Mg } 32}$
1,00 0,03 0,64	— 4,66 100,00	47,2 2,34 50,210	20,0 1,65 35,41	15,5 0,67 14,38	— — —	— 4,66 100,00	— — 0,25	M _{0,26} $\frac{\text{HCO}_3 \ 98}{\text{Ca } 50 \ \text{Mg } 35}$
1,70 0,05 0,91	— 5,52 100,00	72,10 3,59 65,04	20,20 1,64 29,71	6,50 0,29 5,25	1,60 — —	— 5,52 100,00	— — 0,23	M _{0,23} $\frac{\text{HCO}_3 \ 99}{\text{Ca } 65 \ \text{Mg } 30}$
5,80 0,16 3,02	— 5,29 100,00	81,2 4,04 76,37	5,6 0,46 8,70	18,2 0,79 14,93	1,00 — —	— 5,29 100,00	— — 0,27	M _{0,27} $\frac{\text{HCO}_3 \ 97}{\text{Ca } 75}$
11,76 0,32 3,10	— 10,32 100,00	119,04 5,94 57,56	38,42 3,16 30,62	28,06 1,22 11,82	9,05 — —	— 10,32 100,00	— — 0,56	M _{0,56} $\frac{\text{HCO}_3 \ 97}{\text{Ca } 58 \ \text{Mg } 30}$
52,40 1,50 5,90	— 25,40 100,00	292,4 14,6 57,48	101,8 8,4 33,07	55,0 2,40 9,45	— — —	— 25,4 100,00	— — 1,60	M _{1,60} $\frac{\text{SO}_4 \ 84}{\text{Ca } 57 \ \text{Mg } 33}$
10,85 0,31 6,13	— 5,06 100,00	40,70 2,03 40,12	9,62 0,79 15,61	51,50 2,24 44,27	— — —	— 5,06 200,0	— — 0,26	M _{0,26} $\frac{\text{HCO}_3 \ 91}{\text{Na } 44 \ \text{Ca } 40}$

Силурийско-ордовикский водоносный комплекс (S+O)

Отложения силура и ордовика на территории Белоруссии известны только в крайних северо-западных и юго-западных ее районах, где они занимают относительно небольшую площадь.

На северо-западе республики они сложены трещиноватыми и сильнокавернозными доломитами с подчиненными им известняками и мергелями. Мощность ордовикских и силурийских отложений закономерно возрастает с востока на запад и северо-запад.

В г. Браславе мощность силурийских отложений не превышает 6,0 м, в дер. Купе, на берегу оз. Нарочь, — 11,0 м, в г. пос. Видзы — 24,0 м, а далее на запад, за пределами БССР, достигает 66,0 м в г. Вильнюсе и 82,0 м в г. Даугавпилсе (Голубцов, Махнач, 1961). В дер. Купе силурийские отложения залегают на глубине 130,15 м, г. пос. Видзы — на глубине 227 м и г. Браславе на глубине 276,6 м.

Мощность ордовикских отложений в дер. Королевцы составляет 3,0 м, дер. Жодишки — 23,8 м, дер. Купа — 39,0 м, г. пос. Видзы — 115,35 м, г. Браславе — 107,45 м, г. Дриссе — 17,70 м. Подстилаются ордовикские отложения кембрием, а перекрываются породами силура, девона или непосредственно четвертичными образованиями, залегают они на глубине от 63,2 м (дер. Жодишки) до 283,0 м в г. Браславе и 334,5 м в г. Дриссе.

Подземные воды в отложениях силура на северо-западе БССР были вскрыты в г. Браславе, г. пос. Видзах и дер. Купе. В дер. Купе при отметке устья скважины около 167 м абс. высоты из отложений силура и верхней части ордовика, залегающих на глубине 130—180 м, наблюдался самоизлив.

Невысокую минерализацию подземные воды силурийских отложений имели и в скважине г. пос. Видзы. Интересно при этом отметить, что в г. Вильнюсе подземные воды силура, залегающие на глубине 171 м, имеют высокую минерализацию до 6,5 г/л и относятся к типу смешанных хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод. Это обстоятельство указывает на более благоприятные условия водообмена с земной поверхностью в северо-западных районах БССР, в которых, видимо, осуществляется питание подземных вод силурийских отложений.

В пределах Брестского артезианского бассейна силурийские отложения представлены двумя толщами: верхняя сложена известняками, часто глинистыми, мергелями и трещиноватыми кавернозными доломитами, нижняя — трещиноватыми, часто кавернозными доломитами с подчиненными прослоями известняков и мергелей (лландоверский ярус нижнего отдела). В восточной части своего распространения отложения силура находятся на глубине 215,8 м (дер. Стригово Кобринского р-на), в западном направлении они погружаются, достигая в г. Бресте глубины 334 м. Залегают отложения силура на породах ордовика и перекрываются юрой или осадками перми.

На юго-западе Белоруссии отложения силура не опробованы ни одной скважиной. В соседних районах Украины силурийские отложения характеризуются высокой водообильностью и содержат воды разной минерализации. Имеющиеся геологические данные и наблюдавшееся сильное поглощение глинистого раствора в процессе проходки доломитов свидетельствует о том, что отложения силура являются водообильными и на территории юго-западных районов БССР.

Подземные воды ордовикских отложений на территории северо-западных районов БССР изучены лишь в скважинах г. пос. Видзы и дер. Купы, расположенной на берегу оз. Нарочь. В районе г. пос. Видзы

подземные воды ордовика вскрыты на глубине 251,3 м ниже земной поверхности. Пьезометрический уровень их поднимался до отметки 129,0 м абс. высоты, т. е. находился на 11,0 м ниже поверхности земли. По данным Главгеологии БССР дебит скважины при понижении уровня откачкой на 10 м от статического составлял $5,7 \text{ м}^3/\text{час}$, а при откачке с понижением уровня на 18 м он равнялся $9,2 \text{ м}^3/\text{час}$. В дер. Купа ордовикский водоносный горизонт вскрыт на глубине 141,50 м. Пьезометрический уровень поднимался на 0,15 м выше поверхности земли, т. е. достигал отметки 167,15 м. Дебит в этой скважине не определялся.

На рассматриваемой территории подземные воды ордовикских отложений характеризуются разным химическим составом и минерализацией. В районе дер. Купа воды ордовика имеют малую минерализацию ($0,21 \text{ г/л}$) и относятся к типу гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод. С погружением ордовикских отложений на большую глубину меняется химический состав и общая минерализация. В г. пос. Видзы подземные воды на глубине 251 м имеют четко выраженный хлоридно-натриевый тип с минерализацией около 43 г/л . Более подробная характеристика химического состава подземных вод ордовикских отложений приведена в табл. 39.

Таблица 39

Химический состав подземных вод силурийско-ордовикского водоносного комплекса

Состав вод	Северный берег оз. Нарочь, дер. Купа			Г. пос. Видзы		
	(130,13—180,5 м; 1956 г.) *			(251,3 м; 1957 г.)		
	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы						
Na ⁺ +K ⁺	2,98	0,13	3,47	12 190,0	603,72	78,91
Ca ²⁺	48,59	2,69	71,73	1 922,4	96,01	12,55
Mg ²⁺	11,36	0,93	24,80	794,2	65,31	8,54
ΣК	—	3,75	100,00	—	765,04	100,00
Анионы						
Cl ⁻	4,8	0,14	4,01	24 850,0	700,97	91,63
SO ₄ ²⁻	7,4	0,15	4,30	2 980,0	62,07	8,11
HCO ₃ ⁻	195,2	3,20	91,69	122,0	2,0	0,26
ΣА	—	3,49	100,00	—	765,04	100,00
Жесткость:						
а) общая	—	3,62	—	—	—	—
б) карбонатная	—	3,20	—	—	—	—
Минерализация, г/л	0,17	—	—	43,0	161,08	—
pH	—	—	—	6,9	2,00	—
	M _{0,17} $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 92}}{\text{Ca 72 Mg 25}}$			M _{43,0} $\frac{\text{Cl 92}}{\text{Na 79}}$		

* В скобках даны глубина опробования и год взятия пробы воды.

Среднекембрийский водоносный горизонт (Ст₂)

Отложения ижорских или фукоидных слоев среднего кембрия распространены на территории крайних северо-западных и юго-западных районов Белоруссии. Залегают они на размытой поверхности горизонта «синих глин» нижнего кембрия. В северо-западной части БССР глубина залегания их кровли колеблется от 349,7 (г. Дрисса) до 363,0 м (г. Видзы), на юго-западе — от 194 (г. Коббин) до 235 м

(дер. Озяты Брестской области). Перекрываются ижорские слои породами ордовика в восточной части Прибалтийской впадины и отложениями силура и верхней юры на юго-западе Брестской области в пределах Брестского артезианского бассейна.

Водовмещающими породами среднекембрийского водоносного горизонта являются светло-серые, белые и желтовато-серые мелко- и среднезернистые пески и слабосцементированные песчаники. Мощность их колеблется от 3,0 (г. Дрисса) до 8,0 м (г. пос. Видзы) в северо-западных районах и достигает 81,0 м (г. Кобрин) и более на юго-западе БССР.

Водоупором этого горизонта служит мощная толща глин, с прослоями алевролитов, горизонта синих глин нижнего кембрия, хорошо выдержанная на всей площади распространения водоносного горизонта.

Подземные воды ижорских отложений на территории Белоруссии совершенно не изучены. Они не были опробованы ни одной скважиной. В соседних с БССР районах Латвийской ССР водоносный горизонт ижорских или фукоидных слоев опробован в г. Даугавпилсе и некоторых других пунктах. В г. Даугавпилсе пьезометрический уровень воды среднекембрийского водоносного горизонта поднимался выше поверхности земли, т. е. достигал отметки 108 м абс. высоты (Гатальский, 1963). Вода с глубины 536—558 м имеет минерализацию 31,0 г/л и по своему химическому составу относится к типу хлоридно-натриевых вод. Учитывая, что среднекембрийский (ижорский) водоносный горизонт на территории БССР залегает на большой глубине под солеными водами ордовика, можно с уверенностью говорить о том, что подземные воды среднекембрийского (ижорского) водоносного горизонта имеют высокую минерализацию и на территории БССР.

Питание подземных вод среднего кембрия, как и других водоносных горизонтов кембрийских отложений, осуществляется в пределах Белорусского гидрогеологического массива за счет подземных вод вышележащих водоносных горизонтов.

Надляминаритовый водоносный горизонт (Ст_{1b1}) *в юго-западе*

Этот горизонт на территории Белоруссии не имеет широкого развития. Он распространен на небольшой площади в северной части Белорусского гидрогеологического массива и в пределах Брестского артезианского бассейна. Глубина залегания надляминаритового горизонта изменяется от 160 (г. Сморгонь) до 480 м (г. Верхнедвинск) на северо-западе БССР и от 261 до 293 м в юго-западных ее районах.

Водовмещающими породами являются разномзернистые пески и песчаники с прослоями глин и алевролитов. Мощность их изменяется в значительных пределах. В северо-западных районах БССР наибольшая мощность надляминаритовых песчаников отмечена в Верхнедвинске, где она достигает более 28 м. На юго-восток и юг мощность их уменьшается до 3—5 м. На территории Брестской впадины, занимающей юго-западную часть Брестской области, мощность надляминаритового горизонта колеблется от 3 (дер. Орлянки Малоритского района) до 35,0 м (г. Кобрин).

Залегает водоносный горизонт на глинах, пересланяющихся с алевролитами ляминаритового горизонта, которые являются первым достаточно выдержанным водоупором, отделяющим волюно-валдайский водоносный комплекс и нижележащие водоносные комплексы верхнего протерозоя и кристаллического фундамента, от водоносных горизонтов кембрийских и девонских отложений. Перекрывается водоносный гори-

зонт надляминаритовых песчаников мощной толщей глин горизонта «синих глин» нижнего кембрия, которые являются верхним, достаточно надежным водупором, отделяющим подземные воды надляминаритового водоносного горизонта от водоносных горизонтов среднего кембрия и вышележащих отложений ордовика, силура и девона.

На территории Белоруссии надляминаритовый водоносный горизонт используется только в районе г. Сморгони. При абсолютной отметке устья скважины около 145,0 м пьезометрический уровень его поднимался на 4,0 м выше поверхности земли или достигал 149,0 м над уровнем моря. Производительность отдельных скважин, эксплуатирующих подземные воды, составляет 20 м³/час при понижении уровня на 8 м от статического. В других районах этот горизонт не был опробован.

В местах неглубокого залегания надляминаритовый горизонт содержит пресную воду гидрокарбонатно-кальциевого типа с минерализацией 0,25—0,32 г/л.

Более полная характеристика химического состава подземных вод надляминаритового водоносного горизонта в р-не Сморгони приведена в табл. 40.

Таблица 40

Химический состав подземных вод надляминаритового водоносного горизонта

Состав вод	Г. Сморгонь, школа-интернат			Г. Сморгонь		
	(170,0—179,0 м; 1962 г.) *			(180,0 м; 1962 г.)		
	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы						
Na ⁺ +K ⁺	9,94	0,43	7,50	20,47	0,89	18,16
Ca ²⁺	56,72	2,83	49,11	48,30	2,41	49,18
Mg ²⁺	30,40	2,50	43,39	19,46	1,60	32,66
ΣК	—	5,76	100,00	—	4,90	100,00
Анионы						
Cl ⁻	3,53	0,10	1,73	1,96	0,06	1,22
SO ₄ ²⁻	7,82	0,16	2,83	2,06	0,04	0,82
HCO ₃ ⁻	335,50	5,50	95,44	292,80	4,80	97,96
ΣА	—	5,76	—	—	4,90	100,00
Жесткость:						
а) общая	—	5,33	—	—	4,01	—
б) карбонатная	—	—	—	—	—	—
Минерализация, г/л	0,32	—	—	0,24	—	—
Fe (суммарн.)	3,10	—	—	0,96	—	—
	M _{0,32} $\frac{\text{HCO}_3\ 95}{\text{Ca}\ 49\ \text{Mg}\ 43}$			M _{0,24} $\frac{\text{HCO}_3\ 98}{\text{Ca}\ 49\ \text{Mg}\ 32}$		

* В скобках даны глубина опробования и год взятия пробы воды.

По мере погружения надляминаритового водоносного горизонта на большую глубину минерализация подземных вод резко увеличивается и меняется тип воды. В районе г. Невеля подземные воды этого горизонта, залегающие в интервале глубин 627—637 м, имеют минерализацию более 84 г/л и относятся к типу хлоридно-натриевых вод (Гатальский, 1963).

Гдовский водоносный комплекс (См₁vd)

Этот комплекс заключен в нормальноосадочных и туфогенно-осадочных отложениях волюно-валдайской серии нижнего кембрия, отсутствует он только в крайних западных районах Белоруссии, на юго-востоке республики и в пределах Моринско-Бобовнянского и Синкевичско-Житковичского выступов фундамента. В северной части БССР и в центральных ее районах гдовский водоносный комплекс залегает на размытой поверхности отложений оршанской свиты верхнего протерозоя или непосредственно на кристаллических породах кристаллического фундамента. На юге и юго-западе республики его подстилают отложения оршанской или пинской свит верхнего протерозоя и только на приподнятых участках Полесской седловины кристаллические породы фундамента или продукты их разрушения.

В пределах Белорусского гидрогеологического массива, занимающего большую часть центральных, западных и юго-западных районов БССР, гдовский водоносный комплекс залегает неглубоко от поверхности земли. Кровля его находится на глубинах 161,5 (дер. Савичи Городищенского района) — 236 м (города Минск, Сморгонь) ниже земной поверхности или на отметках 3 м над уровнем моря (дер. Савичи) и 91 м ниже уровня моря (г. Сморгонь). От Белорусского гидрогеологического массива, следуя уклону поверхности кристаллического фундамента, гдовский водоносный комплекс полого погружается в сторону артезианских бассейнов, уходя под более молодые горизонты палеозойских отложений.

На территории Брестского артезианского бассейна, охватывающего крайние западные районы республики, водоносный комплекс залегает на глубинах 228 (дер. Хабоновичи, Дивинского района) — 309 м (дер. Бродятин, Малоритского района). В пределах западной части Подмосковного артезианского бассейна и северной части Белорусского гидрогеологического массива кровля его понижается до 585 м в г. Верхнедвинске, до 682 м в Летцах, близ г. Витебска, до 765 м в г. Городке и до 629 м в г. Орше. В западной части Припятского артезианского бассейна она находится на глубине 1224 м ниже поверхности земли.

Водовмещающие отложения на территории северных районов Белоруссии представлены красноцветными и пестроцветными мелко-, средне- и крупнозернистыми слабосцементированными песчаниками с прослоями глин, алевролитов, гравелитов и конгломератов. В южной части БССР они сложены красноцветными, хорошосцементированными мелко-, средне- и крупнозернистыми песчаниками, внизу туфогенными, с прослоями глин и алевролитов с различным содержанием вулканогенного материала. В толще песчаников этого района нередко содержатся прослой туфов, туффитов, конгломератов и собственно эффузивных пород. Пористость и трещиноватость песчаников весьма неравномерная, но наибольшая отмечается для нормальноосадочной толщи, тогда как песчаники туфогенно-осадочной толщи характеризуются меньшей пористостью, что определяет и меньшую их водообильность.

Сложенные чередующимися толщами различных по водопроницаемости пород водовмещающие отложения, образуют ряд водоносных горизонтов, которые благодаря частой перемежаемости водосодержащих и водонепроницаемых толщ и фациальной изменчивости их в вертикальном разрезе и по простиранию не всегда разделены выдержанными по площади водоупорами.

Подземные воды этих горизонтов гидравлически связаны между собой, практически они образуют единый водонасыщенный комплекс,

мощность которого изменяется в широком диапазоне, но не превышает 200—220 м. Наибольшие мощности гдовского водоносного комплекса отмечаются в северной части Белорусского массива, где они достигают 210 (г. Минск) — 217 м (дер. Кривичи). В пределах Латвийской седловины и Оршанской впадины мощность водоносного комплекса варьирует от 115 (г. Городок) до 350 м в районе г. Могилева. В Брестской впадине она превышает 200 м.

В северо-западных и юго-западных районах Белоруссии гдовский водоносный комплекс перекрывается мощной толщей ламинаристых глин, которые являются верхним достаточно выдержанным водупором, отделяющим его от вышележащих водоносных горизонтов палеозойских отложений. На остальной территории водовмещающие отложения гдовского водоносного комплекса перекрываются водосодержащими породами среднего девона, верхнего мела, палеогеновых и неогеновых отложений или только четвертичных образований. В местах выклинивания отложений наровского горизонта, среди мощной толщи осадочных пород, покрывающих водоносный комплекс, нет сколько-нибудь выдержанных по площади водупорных перекрытий, поэтому подземные воды гдовского водоносного комплекса гидравлически связаны с водоносными горизонтами вышележащих отложений мезозоя и кайнозоя.

На территории Белоруссии гдовский водоносный комплекс содержит подземные воды разного химического состава и минерализации. В центральной части Белорусского гидрогеологического массива, где гдовский водоносный комплекс залегает под меловыми, палеогеновыми, неогеновыми или только под четвертичными отложениями, он содержит пресные гидрокарбонатно-кальциевые или гидрокарбонатно-натриевые воды с минерализацией от 150 до 410 мг/л. По мере погружения его в сторону прилегающих артезианских бассейнов и удаления от области его питания водообмен с земной поверхностью замедляется и минерализация заключенных в нем подземных вод закономерно возрастает и в глубоких частях бассейнов переходит в рассолы хлоридно-натриевого или хлоридно-кальцевого типа высокой концентрации. Данные о химическом составе подземных вод этого комплекса сведены в табл. 41.

Наиболее хорошо подземные воды изучены в пределах Белорусского гидрогеологического массива, где они были вскрыты и используются многими буровыми скважинами. В районе Минска в гдовском водоносном комплексе выделяется два водоносных горизонта, различающихся химическим составом и общей минерализацией заключенных в них вод.

Верхний водоносный горизонт, заключенный в песчаниках нормальноосадочной толщи воыно-валдайской серии, залегающий на глубине 230—240 м, содержит пресные воды с общей минерализацией 0,28—0,31 г/л.

По химическому составу они относятся к типу гидрокарбонатно-натриевых или гидрокарбонатно-натриево-магниевых-кальциевых вод. Пьезометрический уровень этого горизонта поднимается до отметок 198,44—203,19 м абс. высоты. Производительность отдельных скважин колеблется от 30 до 70 м³/час.

Подземные воды нижнего горизонта заключены в песчаниках и алевролитах туфогенно-осадочной толщи, залегающих на глубине 300—320 м. На территории Минска они вскрыты несколькими скважинами. Пьезометрические уровни в них достигали отметок 176—196 м, т. е. несколько ниже пьезометрических уровней верхнего водоносного горизонта. Дебит скважин составлял 4,3 м³/час при понижении уровня на 2 м от статического.

Таблица 41

Химический состав подземных вод и рассолов гдовского водоносного комплекса

Местонахождение скважины	Год отбора пробы воды	Интервал опробования, м	Жесткость, мг-экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (сум-марн.)	Σ К	Br ⁻	J ⁻	Sr ²⁺	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная																
Город Верхне-двинск Верхне-двинского р-на	1951	481,0—594,0	119,68	2,20	—	мг/л мг-экв мг-экв %	134,0 2,20 0,38	2907,0 60,47 10,37	184,50 520,29 89,25	— 582,96 100,0	1644,0 82,03 14,07	458,0 37,65 6,46	10 650,5 469,28 79,47	— — —	— 582,96 100,0	115	—	—	34,0	M ₃₄ — Cl 89 Na 79
Дер. Кривичи Мядельского р-на	1956	485,0	22,27	3,40	6,8	мг/л мг-экв мг-экв %	207,40 3,40 3,48	1144,88 23,81 24,37	2 500,0 70,50 72,15	— 97,71 100,0	256,40 13,24 13,55	109,85 9,03 9,24	1 739,08 75,44 77,21	— — —	— 97,71 100,0	—	—	—	5,8	M _{5,8} — Cl 72 SO ₄ 25 Na 77
Город Сморгонь Сморгонского р-на	1962	130,0—365,0	3,95	3,95	—	мг/л мг-экв мг-экв %	305,0 5,0 23,83	152,0 3,16 15,06	454,0 12,82 61,11	— 20,98 100,0	50,00 2,50 11,89	18,0 1,45 6,89	392,0 17,08 81,22	— — —	— 21,03 100,0	4,2	сл.	—	1,22	M _{1,22} — Cl 61 HCO ₃ 24 Na 81
Дер. Гиневцы Ошмянского р-на	1961	235,0—267,0	4,99	4,99	8,1	мг/л мг-экв мг-экв %	310,0 5,0 96,83	5,3 0,10 2,01	2,10 0,06 1,16	— 5,16 100,0	66,9 3,34 64,73	20,10 1,65 31,98	4,0 0,17 3,29	0,53 — —	— 5,16 100,0	—	—	—	0,25	M _{0,25} — HCO ₃ 97 Ca 65 Mg 32
Город Орша Оршанского р-на	1951	608,0—1100,0	236,20	1,80	—	мг/л мг-экв мг-экв %	109,0 1,80 0,14	3169,0 66,90 5,28	42 550,0 1 198,0 94,58	— 1267,6 100,0	27,52 137,30 10,83	1204,0 98,90 7,80	23 800,0 1 031,40 81,37	— — —	— 1267,6 100,0	119,0	0,2	34,3	72,09	M _{72,09} — Cl 94 Na 81
Город Лида Лидского р-на	1961	215,0	5,99	5,99	—	мг/л мг-экв мг-экв %	370,0 6,0 95,54	— — —	10,0 0,28 4,46	— 6,28 100,0	121,0 5,99 95,38	— — —	7,0 0,29 4,62	— — —	— 6,28 100,0	—	—	—	0,32	M _{0,32} — HCO ₃ 95 Ca 95
Дер. Савичи Барановичского р-на	1960	161,5—214,0	7,89	6,20	—	мг/л мг-экв мг-экв %	378,0 6,20 75,61	— — —	7,0 2,0 24,39	— 8,20 100,0	159,0 7,89 96,22	— — —	7,10 0,31 3,78	— — —	— 8,20 100,0	—	—	—	0,37	M _{0,36} — HCO ₃ 75 Cl 24 Ca 96
Дер. Чановичи Несвижского р-на	1962	221,0—246	2,92	2,7	7,85	мг/л мг-экв мг-экв %	170,0 2,7 91,84	6,40 0,13 4,42	3,80 0,11 3,74	— 2,94 100,0	59,0 2,92 99,32	— — —	0,50 0,02 0,18	0,3 — —	— 2,94 100,0	—	—	—	0,15	M _{0,15} — HCO ₃ 92 Na 99
Город Минск Минского р-на, горводозабор	1958	293,0	1,46	1,46	0,00	мг/л мг-экв мг-экв %	317,20 5,20 87,84	5,76 0,12 2,02	21,30 0,60 10,14	— 5,92 100,0	14,43 0,72 12,16	8,95 0,74 12,50	102,0 4,46 75,34	— — —	— 5,92 100,0	—	—	—	0,31	M _{0,31} — HCO ₃ 88 Na 75
Город Минск Минского р-на, горводозабор	1958	296,0	2,65	2,65	—	мг/л мг-экв мг-экв %	268,4 4,40 96,28	2,88 0,06 1,31	3,88 0,11 2,41	— 4,57 100,0	25,55 1,28 28,01	16,60 1,37 29,98	44,04 1,92 42,01	— — —	— 4,57 100,0	—	—	—	0,22	M _{0,22} — HCO ₃ 96 Na 42 Mg 30 Ca 28
Город Минск Минского р-на, з-д им. Дзержинского	1962	238,0 - 296,0	3,35	3,35	—	мг/л мг-экв мг-экв %	359,90 5,90 89,26	15,22 0,32 4,84	13,98 0,39 5,90	— 6,61 100,0	46,89 2,19 33,13	14,10 1,16 17,55	74,98 3,26 49,32	— — —	— 6,61 100,0	—	—	—	0,34	M _{0,34} — HCO ₃ 89 Na 49 Ca 33
Город Городок Городокского р-на (опорная)	1950	830—820	376,04	0,80	—	мг/л мг-экв мг-экв %	48 0,80 0,03	2689 55,95 2,78	69 390 1 954,50 97,19	— 2011,25 100,0	4299 214,53 10,79	1964 161,51 8,12	118,000 3 999 81,09	— — —	— 4375,04 100,0	180,0	0,3	4,7	196,3	M ₁₉₆ — Cl 97,1 Na 81
Город Минск, Областная больница	1956	517—480	9,28	5,0	7,4	мг/л мг-экв мг-экв %	189,0 3,10 4,38	455,97 9,48 13,86	2 070,0 58,37 82,26	— 70,95 100,0	66,00 3,28 2,32	20,75 1,71 2,41	1 549,18 65,93 92,92	0,95 — —	— 70,93 100,0	2,1	1,7	—	4,2	M _{4,2} — Cl 82 Na 93

Воды этого горизонта солоноватые и сильносолоноватые (4—6 г/л) хлоридно-натриевого состава, используются как лечебно-питьевые воды при лечении желудочно-кишечных заболеваний.

Пресные воды гдовского водоносного комплекса, кроме г. Минска, вскрыты и используются на территории Ошмянского, Молодечненского, Лидского и других районов Гродненской области, на территории Несвижского района, Минской области, а также в ряде районов Брестской области. Водообильность гдовских отложений на территории этих районов неравномерная, что объясняется различным литологическим составом водовмещающих отложений, их трещиноватостью и пористостью. Производительность отдельных скважин колеблется от 45 до 72 м³/час в северных районах Белорусского гидрогеологического массива и от 11 до 60 м³/час в западной и юго-западной частях массива.

Воды высокой минерализации гдовского водоносного комплекса получены в Верхнедвинске, Городке, Летцах, на берегу оз. Нарочь, Чашниках, Орше, Могилеве, Рогачеве, Бобруйске, Тычинах и в ряде других пунктов.

Данные о глубинах и производительности отдельных скважин, эксплуатирующих гдовский водоносный комплекс, и пьезометрические уровни в них приведены в табл. 42.

Из данных таблицы видно, что наиболее высокие пьезометрические уровни описываемого комплекса находятся в районе г. Минска, где они достигают отметок 198,44—203,19 м абс. высоты.

От Белорусского гидрогеологического массива в сторону прилегающих артезианских бассейнов пьезометрические уровни закономерно снижаются. В пределах северной части Белорусского гидрогеологического массива и западной части Подмосковного артезианского бассейна они находятся на отметках 113,8 (г. Городок) — 136,0 м (г. Верхнедвинск). В западной и южной частях Белорусского гидрогеологического массива пьезометрические уровни гдовского водоносного комплекса устанавливаются на отметках 137,5 м, в г. Лиде, 149,0 м в г. пос. Ивацевичи, 124 м в г. Пинске и 148 м в г. Иванове. Следовательно, движение подземных вод гдовского водоносного комплекса направлено от Белорусского гидрогеологического массива в сторону прилегающих артезианских бассейнов. На западе дренаж гдовского водоносного комплекса осуществляется впадиной Балтийского моря через Прибалтийский и Брестский артезианские бассейны. На востоке движение подземных вод этого водоносного комплекса происходит в Припятский артезианский бассейн и на северо-востоке республики — в Подмосковский артезианский бассейн.

Верхнепротерозойский водоносный комплекс (Pt₂bl)

Водоносный комплекс в отложениях белорусской серии верхнего протерозоя на территории имеет довольно широкое распространение. Он прослеживается широкой полосой, простирающейся от северных районов Волыни на юго-запад БССР до северо-восточных и восточных ее границ, уходя далее на северо-восток Русской платформы. Залегает водоносный комплекс на размытой поверхности кристаллических пород фундамента и перекрывается отложениями волыно-валдайской серии или породами девонских, меловых, палеогеновых, неогеновых или только четвертичных отложений. Подземные воды этого водоносного комплекса не отделены водоупорами ни от трещинных вод кристаллических пород фундамента, ни от покрывающих его водоносных комплексов волыно-валдайской серии, девона и мезо-кайнозоя.

Т а б л и ц а 42

Основные гидрогеологические данные по гдовскому водоносному комплексу

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Вскрытая мощность водоносного комплекса, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит, м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Город Верхнедвинск Витебской обл.	$\frac{594,36}{116,0}$	585,69	-469,69	8,67	+20,0	136	$\frac{25,0}{2,0}$	12,50
Город Городок Витебской обл.	$\frac{1261,3}{172,50}$	765,80	-593,30	115,10	158,7	113,8	$\frac{113}{20,4}$	0,06
Дер. Купа Мядельского р-на Витебской обл.	$\frac{540,9}{167,0}$	341,00	-174,0	195,10	+0,5	167,5	$\frac{24,0}{\text{нет свед.}}$	—
Дер. Кривичи Витебской обл.	$\frac{485,0}{159,6}$	260,0	-90,0	217,50				
Город Сморгонь Гродненской обл.	$\frac{365,0}{145,0}$	236,0	-91,0	111,0	Самознал.	145,0	—	
Дер. Плебанцы Ошмянского р-на Гродненской обл.	$\frac{267,0}{210,0}$	235,0	-25,0	32,0	9,0	201,0	$\frac{72,0}{16,0}$	4,50
Дер. Лужок Молодечненского р-на Гродненской обл.	$\frac{251,0}{200,0}$	220,0	-20,0	31	22,0	178,0	$\frac{45,0}{44,0}$	1,02
Город Минск, Областная больница	$\frac{580,0}{193,70}$	222,61		210,8	16,2	199,8	$\frac{1,9}{\text{нет свед.}}$	
Город Минск, Новинковский водозабор	$\frac{286,0}{206,94}$	233,0	-26,06	-53,0	8,50	198,44	$\frac{60,0}{17,5}$	3,40
Город Минск, Петровещинский водозабор	$\frac{294,0}{212,19}$	236,0	-23,81	58,0	9,0	208,19	$\frac{67,0}{15,0}$	4,46
Дер. Чановичи Несвижского р-на Минской обл.	$\frac{246,0}{200,0}$	221,0	-21,0	25,0	15,0	185,0	$\frac{16,0}{5,0}$	3,20
Дер. Полонечня Городищенского р-на Брестской обл.	$\frac{193,0}{175,0}$	170,0	+5,0	23,0	28,0	147,0	$\frac{23,5}{23,4}$	1,00
Дер. Савичи Городищенского р-на Брестской обл.	$\frac{214,0}{165}$	161,5	+3,5	52,5	9,0	154,0	$\frac{40,0}{9,0}$	4,44
Город Бобруйск, санаторий им. В. И. Ленина	$\frac{342,0}{143,60}$	207,5	63,90	124,0	+1,72	145,32	$\frac{17,20}{15,9}$	1,08
Город Лида Гродненской обл.	$\frac{258,0}{150,0}$	200,0	-50,0	82,60	12,50	137,50	$\frac{60,0}{9,50}$	6,05

В северных и северо-восточных районах Белоруссии подземные воды этого водоносного комплекса заключены в отложениях оршанской свиты, залегающих непосредственно на кристаллических породах фундамента. Водовмещающими породами являются трещиноватые и пористые разности кирпично-красных или розовых песчаников, мелко- и среднезернистых, реже крупнозернистых, а также крупнозернистых алевролитов, с подчиненными прослоями глин. Мощность водосодержащих песчаников и алевролитов изменяется от 325 м в районе г. Орши до 595 м в районе г. Могилева.

На юге и юго-западе Белоруссии водовмещающие породы верхнепротерозойского водоносного комплекса представлены серыми и красноватыми, слабосцементированными мелко- и среднезернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами пинской свиты. В толще водовмещающих отложений встречаются прослои глинистых алевролитов и глин, которые часто делят водоносный комплекс на несколько водоносных горизонтов. Мощность водоносного комплекса в южных районах БССР колеблется от 332 м в дер. Тычины Любанского района до 376 м в г. Пинске и до 411 м в дер. Лучки Бобруйского района.

На территории БССР водоносный комплекс верхнего протерозоя вскрыт скважинами в Городке, Летцах близ г. Витебска, Орше, Могилеве, Минске, Ст. Дорогах, Логишине, Пинске и ряде других пунктов. Данные о глубине залегания водоносного комплекса, пьезометрических уровнях и производительности отдельных скважин приведены в табл. 43.

Как видно из таблицы, высокое положение верхнепротерозойский водоносный комплекс занимает в пределах южной части Белорусского гидрогеологического массива, где глубина его залегания не превышает 100—152 м, а отметки кровли достигают 57—71 м абс. высоты.

На северо-восток и восток от Белорусского гидрогеологического массива, т. е. в сторону Подмосковного артезианского бассейна, кровля водоносного комплекса снижается на глубину до 709 м в Летцах (близ г. Витебска), до 881 м в Городке, до 769 м в г. Орше и до 711 м в районе г. Могилева. В пределах Припятского артезианского бассейна кровля этого водоносного комплекса опускается до 1326 м в дер. Тычины, Любанского района, до 1728 м в дер. Червоная Слобода и до 3214 м в г. пос. Копаткевичи.

Пьезометрические уровни водоносного комплекса верхнего протерозоя наибольших отметок достигают на площади Белорусского гидрогеологического массива. В отдельных скважинах они поднимаются до отметок 157,9 (162,7*) м в г. Минске, 159 м на ж.-д. ст. Ганцевичи, 159 м в г. пос. Логишине, 149 м в г. пос. Ст. Дороги, 141 м в г. Пинске и т. д. В пределах западной части Подмосковного артезианского бассейна пьезометрические уровни этого водоносного комплекса понижаются до отметок 132 (169,2 м) в районе Могилева, 111,0 (156,7 м) в Орше, 103,1 (163,8) м в Летцах и 105 (173,3) м в Городке.

Водообильность верхнепротерозойского водоносного комплекса неравномерная и всецело зависит от литологии водовмещающих пород. Наибольшая производительность отдельных скважин наблюдается в южной части Белорусского гидрогеологического массива, где дебиты достигают 42—45 м³/час при понижении уровня на 7,85—14,0 м от статического. В северной части Белорусского гидрогеологического массива и на территории западной части Подмосковного артезианского бассейна производительность скважин не превышает 6,3—16,4 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 2,8—3,3 м.

* В скобках показаны уровни, приведенные к единице удельного веса.

Таблица 43

Основные гидрогеологические данные по верхнепротерозойскому водоносному комплексу

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Вскрытая мощность водоносного комплекса, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м³/час (числитель)	Удельный дебит м³/час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхн. земли	абс. отм. кровли		от поверхн. земли	абс. отм. *	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Город Городок Витебской обл.	$\frac{1261,30}{172,60}$	880,90	-708,40	380,40	67,5	$\frac{105,0}{173,3}$	$\frac{0,54}{20,7}$	0,02
Санаторий «Летцы» Витебской обл.	$\frac{803,2}{137,5}$	709,5	-572,0	93,7	34,4	$\frac{103,1}{163,8}$	$\frac{38,95}{6,95}$	5,50
Г. пос. Чашники Витебской обл.	$\frac{684,55}{135,0}$	612,3	-477,3	36,25	+4,5	$\frac{139,5}{164,3}$	$\frac{0,17}{\text{нет свед.}}$	—
Город Орша Витебской обл.	$\frac{1094,25}{159,50}$	769,05	-609,55	325,20	47,90	$\frac{111,6}{156,70}$	—	—
Город Минск, Областная больница	$\frac{523,3}{215,90}$	441,50	-225,60	78,85	58,0	$\frac{157,90}{162,7}$	$\frac{6,33}{2,80}$	2,27
Дом отдыха «Ждановичи» Минской обл.	$\frac{477,0}{211,5}$	427,0	-215,5	37,0	53,0	$\frac{158,5}{161,6}$	$\frac{11,8}{6,20}$	1,9
Дер. Вильчицы Могилевской обл.	$\frac{1310,5}{160}$	711,0	-551,0	595,0	27,2	$\frac{132,80}{169,2}$	$\frac{4,21}{1,60}$	2,6
Г. пос. Ст. Дороги Минской обл.	$\frac{168,62}{155,0}$	152,51	2,49	16,11	7,20	$\frac{147,80}{3,3}$	$\frac{16,4}{3,3}$	4,9
Ст. Ганцевичи Брестской обл.	$\frac{183,27}{160,0}$	119,22	40,78	64,05	0,90	$\frac{159,10}{\text{нет свед.}}$	11,1	—
Г. пос. Логишин Брестской обл.	$\frac{125,0}{170,0}$	99,0	71,0	20,0	11,0	$\frac{159,0}{3,0}$	$\frac{16,2}{3,0}$	5,4
Г. пос. Ивацевичи Брестской обл.	$\frac{156,0}{155,0}$	152,0	3,0	4,0	6,0	$\frac{149,0}{14,0}$	$\frac{45,0}{14,0}$	3,21
Ст. Янув Полесский Брестской обл.	$\frac{200,0}{150,0}$	100,89	84,74	134,75	2,0	$\frac{148,0}{27,4}$	$\frac{25,2}{27,4}$	0,91
Город Пинск Брестской обл.	$\frac{125,0}{135,0}$	100,0	35,0	25,0	11,0	$\frac{124}{34,0}$	$\frac{20,0}{34,0}$	0,6
Дер. Пинковичи Брестской обл.	$\frac{470,50}{138,19}$	81,0	57,19	376,0	4,47	$\frac{133,72}{\text{нет свед.}}$	—	—
Дер. Парахомск Брестской обл.	$\frac{114,67}{139,91}$	73,81	66,10	40,86	0,91	$\frac{139,0}{\text{нет свед.}}$	$\frac{27,3}{\text{нет свед.}}$	—
Дер. Лунин Брестской обл.	$\frac{150,0}{140,0}$	73,0	67,0	77,0	2,50	$\frac{137,50}{0,7}$	$\frac{12,0}{0,7}$	17,1
Ст. Лунинец Брестской обл.	$\frac{130,0}{133,0}$	67,0	66,0	38,0	1,85	$\frac{131,15}{7,85}$	$\frac{42,5}{7,85}$	5,4

* В знаменателе показаны уровни, приведенные к единице удельного веса.

Продолжение табл. 43

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Вскрытая мощность водоносного комплекса, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм. *	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Ст. Горынь Брестской обл.	$\frac{80,0}{152,0}$	75,5	76,50	4,50	11,50	140,50	$\frac{19,80}{3,5}$	5,6
Дер. Тычины Минской обл.	$\frac{1660,70}{145,0}$	1326,0	1181,0	332,7	—	—	$\frac{0,67}{263,0}$	0,002
Дер. Червоная Слобода Минской обл.	$\frac{2126,7}{133,0}$	1728,0	—1595,0	225	166,0	—33	$\frac{1,9}{30}$	0,06

На территории южной части Белорусского гидрогеологического массива подземные воды верхнепротерозойского комплекса — пресные и относятся в основном к гидрокарбонатно-кальциевому типу. В северной части Белорусского гидрогеологического массива, а также в пределах западной части Подмосковного и Припятского артезианских бассейнов, где отложения верхнего протерозоя погружаются на большую глубину, они содержат минерализованные воды и рассолы с минерализацией от 110,7 (г. Городок) до 165 г/л (дер. Тычины) и более. По химическому составу они относятся к типу хлоридно-натриевых вод (табл. 44).

Протерозойско-архейский водоносный комплекс (Pt₁+A)

Кристаллические породы фундамента на территории БССР вскрыты многими скважинами, но водоносность их изучена все еще слабо. Трещинные воды в породах фундамента и в продуктах их выветривания вскрыты в немногих пунктах на площади Белорусского гидрогеологического массива. На остальной территории Белоруссии подземные воды в породах фундамента не констатированы, но наличие их в указанных образованиях никем не оспаривается.

Основными путями циркуляции подземных вод в кристаллических породах фундамента являются трещины. Среди трещин тектонического происхождения выделяются трещины трех направлений — субширотного, северо-западного и северо-восточного (Хотько, Бондаренко, 1956). Трещиноватость кристаллических пород, образованная экзогенными процессами, унаследована тектоническими трещинами и поэтому сохраняет ориентировку, отвечающую основным тектоническим направлениям (Бабинiec, 1961).

Трещиноватость кристаллических пород довольно неравномерная. Как показали наблюдения Е. М. Махлина, А. С. Махнача, А. М. Папа и других исследователей, она зависит от возраста и петрографического состава пород, глубины залегания и т. д. Наибольшая трещиноватость, а следовательно, и наибольшая обводненность отмечается в древних метаморфических толщах и особенно в мелкокристаллических гнейсах, тогда как более молодые по возрасту комплексы пород характеризуются обычно гораздо меньшей трещиноватостью и малой водообильностью.

Мощность трещиноватой зоны кристаллических пород на территории БССР пока не установлена. В северо-западной части Украинского гидрогеологического массива, который частично занимает и крайние южные районы территории Белоруссии, она достигает 200 м и более, наибольшая трещиноватость кристаллических пород, образующая зону интенсивной циркуляции подземных вод, по данным Л. Б. Личкова (1930), К. И. Макова (1947), К. Н. Варава (1959), А. Ф. Руденко (1958), А. Е. Бабинца (1961) и других исследователей, прослеживается на глубину до 60—100 м от кровли кристаллических пород.

Основные гидрогеологические данные по скважинам, вскрывшим трещинные воды в кристаллических породах фундамента, сведены в табл. 45.

Из таблицы видно, что трещинные воды кристаллических пород и продуктов их выветривания в районе Белорусского гидрогеологического массива залегают на глубине от 21,2 (г. пос. Микашевичи) до 259,0 м (дер. Грицки Волковьского р-на), 287,0 м (г. Новогрудок) или на отметках 110,0—(—74,0) м абс. высоты. На окраинах массива трещинные воды, как и вмещающие их породы, вскрываются на глубине 516,0 м в г. пос. Свислочи Гродненской области и на глубине 420—523 м в р-не Минска.

Подземные воды, заключенные в трещинах кристаллических пород, образуют здесь единый водоносный горизонт, пьезометрическая поверхность которого образует ряд выпуклостей, соответствующих областям питания трещинных вод, и депрессий, совпадающих с зонами разгрузки. В зависимости от условий залегания кристаллических пород величина напора изменяется в значительных пределах. На участках массива, где поверхность фундамента приподнята, величина напора не превышает 100—110 м над кровлей кристаллических пород. На окраинах массива, где кристаллические породы погружаются на значительную глубину под мощную толщу осадочных пород, они достигают 397 м (уроч. Зеленое) и более.

Пьезометрические уровни в пределах Белорусского гидрогеологического массива устанавливаются на глубине от 0,68 до 38,0 м ниже земной поверхности или на отметках 130,5—245,0 м абс. высоты. Интересно при этом отметить, что наиболее высокие отметки уровней трещинных вод наблюдаются в районе Минской (уроч. Зеленое — 201,55 м) и Новогрудской (г. Новогрудок — 245,0 м) возвышенностей, а также в пределах Копыльской гряды, т. е. где максимальных отметок достигают и уровни подземных вод вышележащих водоносных горизонтов дочетвертичных и четвертичных отложений.

Высокое положение пьезометрических уровней трещинных вод в этом районе свидетельствует о том, что подземные воды фундамента гидравлически связаны с подземными водами осадочного покрова.

В западном, южном и восточном направлениях пьезометрические уровни трещинных вод кристаллических пород заметно снижаются. В дер. Грицки Волковьского района они находятся на отметке 157,1 м и в г. Слониме — на отметке 134,5 м. В пределах Полесской седловины пьезометрические уровни кристаллических пород фундамента и продуктов их выветривания снижаются до отметки 133,72 м в г. Пинске и до отметки 131,3 м абс. высоты в пределах Синкевичско-Житковичского выступа (г. пос. Микашевичи). Снижение пьезометрических уровней трещинных вод к долине р. Припяти наблюдается и в северо-западной части Украинского гидрогеологического массива, что свидетельствует о дренировании этих вод долиной р. Припяти.

Водообильность пород фундамента пестрая, но в общем невысокая. Дебиты эксплуатационных и разведочных скважин колеблются от 0,9 до

Таблица 44

Химический состав подземных вод и рассолов верхнепротерозойского водоносного комплекса

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Fe (суммарн.)	Σ К	Br ⁻	J ⁻	Sr ²⁺	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная																
Город Городок Городокского р-на	1950	990—880	344,60	1,00	—	мг/л мг·экв мг·экв %	61,0 1,0 0,06	2089,2 43,5 2,41	62 311 1 758,5 97,53	— 1802,0 100,0	3974 198,3 11,0	1778,2 146,2 8,11	33 545 1 458,5 80,89	— — —	— 3606 100,0	175,0	Нет	—	103,7	M ₁₀₃ — Cl 97 Na 81
Город Орша Оршанского р-на	1951	608,0—1100,0	236,20	1,80	—	мг/л мг·экв мг·экв %	0,14	5,28	94,58	— 1267,6 100,0	27,52 137,30 10,83	1204,0 98,90 7,80	23 800,0 1 031,40 81,37	— — —	— 1267,6 100,0	119	0,2	34,3	70,76	M ₇₁ — Cl 94 Na 81
Г. пос. Ганцевичи Ляховичского р-на	1954	183,0—177,5	2,12	2,12	—	мг/л мг·экв мг·экв %	170,8 2,8 92,72	—	7,7 0,22 7,28	— 3,02 100,0	39,3 1,96 64,90	1,9 0,16 5,30	20,7 0,90 29,80	— — —	— 3,02 100,0	—	—	—	0,15	M _{0,15} — HCO ₃ 93 Ca 65 Na 30
Г. пос. Ивацевичи Березовского р-на	1962	152,0—156,0	2,12	1,90	—	мг/л мг·экв мг·экв %	120,0 1,90 87,16	—	10,0 0,28 12,84	— 2,18 100,0	42,5 2,12 97,25	— — —	1,50 0,06 2,75	0,3 — —	— 2,18 100,0	—	—	—	0,11	M _{0,11} — HCO ₃ 87 Ca 97
Ст. Янов Полесский Дрогичинского р-на	1948	120,0	2,13	2,13	Щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	140,8 2,3 83,64	14,8 0,31 11,27	5,0 0,14 5,09	— 2,75 100,0	39,9 2,0 72,73	1,60 0,13 4,73	46,5 0,62 22,54	— — —	— 2,75 100,0	—	—	—	0,18	M _{0,18} — HCO ₃ 84 Ca 73 Na 22
Город Пинск Пинского р-на	1959	110,0	3,16	3,16	7,3	мг/л мг·экв мг·экв %	198,0 3,25 97,8	2,50 0,05 1,00	0,70 0,02 0,60	— 3,32 100,0	55,2 2,75 82,83	5,0 0,41 12,35	4,0 0,16 4,82	— — —	— 3,32 100,0	—	—	—	0,16	M _{0,17} — HCO ₃ 98 Ca 83
Ст. Лунинец Лунинецкого р-на	1947	130,0	5,23	5,23	Щел.	мг/л мг·экв мг·экв %	378,0 6,20 94,80	0,8 0,17 2,60	6,0 0,17 2,60	— 6,54 100,0	94,0 4,69 71,71	6,6 0,54 8,26	30,0 1,31 20,03	— — —	— 6,54 100,0	—	—	—	0,33	M _{0,33} — HCO ₃ 95 Ca 72
Г. пос. Логишин Пинского р-на	1962	99,0—125,0	1,71	1,7	—	мг/л мг·экв мг·экв %	230,0 3,70 95,85	Сл.	6,0 0,16 4,15	— 3,86 100,0	34,0 1,71 44,30	— — —	49,5 2,15 55,70	0,05 — —	— 3,86 100,0	—	—	—	0,20	M _{0,2} — HCO ₃ 96 Na 56 Ca 44
Дер. Симоновичи Бобруйского р-на	1947	103,2	1,95	1,95	—	мг/л мг·экв мг·экв %	128,10 2,10 73,69	18,50 0,38 13,33	13,2 0,37 12,98	— 2,85 100,0	26,0 1,30 45,61	8,40 0,65 22,81	19,90 0,90 31,58	— — —	— 2,85 100,0	—	—	—	0,14	M _{0,14} — HCO ₃ 74 SO ₄ 13 Cl 13 Ca 46 (Na+K) 32 Mg 22
Дер. Новые Тарасовичи Бобруйского р-на	1946	175,8	4,49	4,29	7,8	мг/л мг·экв мг·экв %	262,3 4,29 61,29	59,60 1,23 17,57	90,1 1,48 21,14	— 7,00 100,0	54,60 7,72 38,86	21,60 1,77 25,29	58,0 2,51 35,85	— — —	— 7,00 100,0	—	—	—	0,41	M _{0,41} — HCO ₃ 61 Cl 21 Ca 38 Na 36 Mg 25
Червоная Слобода, скв. 1		2127—1770	527,85	0,60	5,6	мг/л мг·экв мг·экв %	330 0,60 0,01	660 13,70 0,24	202 200 5 696,31 99,75	— 5710,30 100,0	3220 160,65 2,81	4460 364,20 6,43	119 200 5 182,82 90,76	— — —	— 11 431 100,0	—	—	—	130,0	M _{130,3} — Cl 99,7 Na 90,7

Таблица 45

Основные гидрогеологические данные по протерозойско-архейскому водоносному комплексу

Местонахождение скважин	Глубина скв., м (числитель)	Глубина залегания кровли водоносного горизонта, м		Мощность водоносного комплекса, м	Глубина залегания пьезометрического уровня, м		Дебит, м ³ /час (числитель)	Удельный дебит, м ³ /час
	абс. отм. устья скв., м (знаменатель)	от поверхности земли	абс. отм. кровли		от поверхности земли	абс. отм.	пониж. уровня, м (знаменатель)	
Уроч. Зеленое Минского р-на	$\frac{456,20}{224,05}$	420,0	-196,00	36,20	22,50	201,55	$\frac{2,40}{14,10}$	0,17
Город Новогрудок Новогрудского р-на	$\frac{314,00}{268,00}$	287,00	-19,00	26,00	38,00	245,00	$\frac{5,00}{22,00}$	0,23
Дер. Заборье Щучинского р-на	$\frac{274,00}{115,00}$	169,60	54,60	104,40	+2,50	117,50	$\frac{0,90}{2,50}$	0,04
Дер. Грицки Волковыского р-на	$\frac{335,60}{185,00}$	259,00	-74,00	76,00	27,90	157,10	Незначит.	—
Дер. Старица Копыльского р-на	$\frac{113,25}{185,00}$	101,15	83,85	12,10	0,68	184,32	$\frac{21,00}{—}$	—
С-х им. Дзержинского Копыльского р-на	$\frac{131,30}{216,00}$	124,40	92,00	7,60	15,50	200,50	$\frac{7,60}{53,70}$	0,14
Дер. Душево Копыльского р-на к-з «Пролетарий»	$\frac{145,80}{205,00}$	131,20	73,80	>14,60	11,00	194,00	$\frac{22,00}{20,00}$	1,10
Город Пинск Пинского р-на	$\frac{470,50}{133,19}$	457,30	-319,11	13,20	4,47	133,72	—	—
Г. пос. Микашевичи Лунинецкого р-на	$\frac{40,96}{131,30}$	21,20	110,10	19,76	0,80	130,50	$\frac{4,10}{12,60}$	0,31
Г. пос. Житковичи Житковичского р-на	$\frac{57,00}{135,00}$	30,20	105,00	26,80	1,80	133,20	$\frac{0,90}{44,00}$	0,31
Дер. Глушковичи Лельчицкого р-на	$\frac{40,00}{154,72}$	1,80	152,92	38,20	1,65	153,07	$\frac{0,50}{1,95}$	0,26

7,6 м³/час при понижении уровня на 14,1—53,7 м от статического Величины удельных дебитов скважин в пределах Белорусского гидрогеологического массива изменяются от 0,14 до 0,37 м³/час и снижаются в отдельных местах (г. пос. Житковичи) до 0,02 м³/час и менее. В дер. Грицки Волковыского района при опробовании в скважине толщи выветрелых гранитогнейсов мощностью до 76 м воды из скважины очень быстро откачивались, но восстановление первоначального уровня трещинных вод, пониженного на 20,6 м, наблюдалось лишь через шесть суток после откачки, что свидетельствует о практической безводности кристаллических пород в разрезе приведенной скважины.

Резкие различия в величинах удельного дебита наблюдаются в близко расположенных скважинах и даже в пределах одного и того же пункта, как это отмечалось в районе г. пос. Микашевичи и ж.-д. станции Житковичи. В пределах Щучинской магнитной аномалии наряду со скважинами, вскрывшими трещинные воды с низкими пьезомет-

рическими уровнями, имелись скважины, в которых трещинные воды давали самоизлив, с дебитом до $0,9 \text{ м}^3/\text{час}$ при срезке пьезометрического уровня на 2,5 м.

Неравномерная обводненность кристаллических пород в пределах Белорусского гидрогеологического массива зависит от состава пород и степени их трещиноватости, но эта зависимость еще мало изучена. Наибольшая водообильность отмечается в гнейсах и древних гранито-гнейсах. Относительно высокие притоки воды получены скважинами в дер. Старицы и в с-х им. Дзержинского Копыльского района, а также в дер. Заборье Щучинского района Гродненской обл. (см. табл. 45). Меньшей водообильностью характеризуются граниты и другие комплексы более молодых по возрасту кристаллических пород.

По химическому составу подземные воды пород фундамента на приподнятых участках Белорусского гидрогеологического массива близки между собой и в преобладающем большинстве случаев относятся к типу гидрокарбонатно-кальциево-магниевого или гидрокарбонатно-кальциево-натриевых вод с минерализацией 0,16—0,39 г/л (табл. 46). В пределах Синкевичско-Житковичского выступа и северной части Украинского гидрогеологического массива среди гидрокарбонатных вод встречаются гидрокарбонатно-хлоридные или гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные с минерализацией до 0,59 г/л.

Обогащение указанных типов вод хлоридами, натрием и сульфатами объясняется, по-видимому, влиянием подземных вод, заключенных в отложениях, покрывающих кристаллические породы фундамента.

На окраинах Белорусского гидрогеологического массива в зоне относительно глубокого погружения поверхности фундамента под толщу осадочного покрова увеличивается минерализация трещинных вод и изменяется их химический состав. В уроч. Зеленое Минского района трещинные воды, заключенные в гнейсах и амфиболитах, залегающих на глубине 420 м под водосодержащими песчаниками нижнего кембрия, имеют минерализацию 3,99 г/л и относятся к типу хлоридно-сульфатно-натриевых вод. Образование этого типа вод в кристаллических породах фундамента связано с переливом смешанных хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод из отложений нижнего кембрия и дальнейшими процессами обменной адсорбции в кристаллических породах или в продуктах разрушения.

Питание трещинных вод в пределах южной и юго-западной частей Белорусского гидрогеологического массива происходит за счет поступления (перелива) подземных вод из вышележащих водоносных горизонтов осадочного покрова. По северной окраине Украинского гидрогеологического массива питание трещинных вод происходит путем перелива подземных вод из вышележащих отложений и за счет атмосферных осадков в местах выхода кристаллических пород на дневную поверхность.

РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Режим подземных вод на территории БССР изучался главным образом в ее южной части, в пределах Полесской низменности (рис. 13). Это объясняется тем, что организация работ по изучению режима подземных вод на территории республики имела специальное целевое назначение, связанное с проблемой осушения и освоения болот и заболоченных земель Полесской низменности. Основной задачей исследований было определение условий питания огромных болотных массивов, расположенных в пределах Полесской низменности и, таким образом, получение исходных данных для обоснования мелиоративных меро-

Таблица 46

Химический состав подземных вод протерозойско-архейского водоносного комплекса

Местонахождение скважин	Дата отбора пробы	Интервал опробования, м	Жесткость, мг·экв		pH	Форма выражения анализа	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe (суммарн.)	Σ К	Сухой остаток, г/л	Формула химического состава воды
			общая	карбонатная													
Дер. Заборье Шучинского р-на	1963 г.	229,0—274,9	4,89	4,89	7,3	мг/л мг·экв мг·экв %	329,40 5,40 90,45	11,93 0,25 4,19	11,50 0,32 5,36	— 5,97 100,0	81,02 4,04 67,67	10,34 0,85 14,24	25,40 1,08 18,09	— — —	— 5,97 100,0	0,31	M _{0,31} — $\frac{\text{HCO}_3 90}{\text{Ca } 68}$
Дер. Грицки Волковьского р-на	1961 г.	259,0—335,6	0,89	0,89	7,0	мг/л мг·экв мг·экв %	73,20 1,20 61,22	17,69 0,37 18,88	13,87 0,39 19,90	— 1,96 100,0	14,76 0,73 37,20	1,94 0,16 8,50	30,45 1,07 54,30	— — —	— 1,96 100,0	0,12	M _{0,12} — $\frac{\text{HCO}_3 61}{\text{Na } 54 \text{ Ca } 37}$
Г. пос. Свислочь Волковьского р-на	1961 г.	482,6—516,15	2,81	2,81	7,1	мг/л мг·экв мг·экв %	183,00 3,00 43,92	157,40 3,27 47,88	19,72 0,56 8,20	— 6,83 100,0	37,51 1,87 27,38	11,48 0,94 13,76	94,80 4,02 58,86	— — —	— 6,83 100,0	0,41	M _{0,41} — $\frac{\text{SO}_4 48 \text{ HCO}_3 44}{\text{Na } 59 \text{ Ca } 27}$
Уроч. Зеленое Минского р-на	6/VIII 1959 г.	420,0—456,2	4,74	3,60	—	мг/л мг·экв мг·экв %	219,60 3,60 5,68	963,32 20,06 31,67	1406,0 39,68 62,65	— 63,34 100,0	55,16 2,76 4,36	24,02 1,98 3,13	58,60 92,51 —	— — —	— 63,34 100,0	2,56	M _{2,56} — $\frac{\text{Cl } 63 \text{ SO}_4 32}{\text{Na } 92}$
С-х им. Дзержинского Копыльского р-на	28/VIII 1962 г.	124,4—131,3	7,07	7,07	8,3	мг/л мг·экв мг·экв %	463,60 7,60 96,45	— — —	9,80 0,28 3,55	— 7,88 100,0	98,37 4,91 62,31	26,26 2,16 27,41	18,84 0,81 10,28	— — —	— 7,88 100,0	0,39	M _{0,39} — $\frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca } 62 \text{ Mg } 27}$
Сел. Душево Копыльского р-на, к-х «Пролетарий	24/VIII 1963 г.	131,2	6,14	6,14	7,95	мг/л мг·экв мг·экв %	396,50 6,50 89,66	2,30 0,05 0,69	0,60 0,70 9,65	— 7,25 100,0	84,60 4,22 58,29	23,30 1,92 26,52	30,40 1,10 15,19	0,82 — —	— 7,24 100,0	0,34	M _{0,34} — $\frac{\text{HCO}_3 90}{\text{Ca } 58 \text{ Mg } 27}$
Г. пос. Микашевичи Лунинецкого р-на	1959 г.	40,0	1,87	1,87	—	мг/л мг·экв мг·экв %	292,80 4,80 73,85	7,40 0,15 2,31	54,99 1,55 23,84	— 6,50 100,0	25,73 1,28 19,69	7,21 0,59 9,08	106,43 4,63 71,23	1,50 — —	— 6,50 100,0	0,35	M _{0,35} — $\frac{\text{HCO}_3 74 \text{ Cl } 24}{\text{Na } 71}$
Г. пос. Микашевичи Лунинецкого р-на	25/VII 1962 г.	21,2—40,0	1,65	1,65	7,6	мг/л мг·экв мг·экв %	256,20 4,20 68,85	4,94 0,10 1,64	63,72 1,80 29,51	— 6,10 100,0	26,45 1,32 21,64	4,01 0,33 5,41	102,47 4,45 72,95	1,50 — —	— 6,10 100,0	0,33	M _{0,33} — $\frac{\text{HCO}_3 67 \text{ Cl } 29}{\text{Na } 73 \text{ Ca } 22}$
Г. пос. Житковичи Житковичского р-на	25/VII 1962 г.	30,2—57,0	5,66	2,10	7,9	мг/л мг·экв мг·экв %	128,10 2,10 22,03	135,79 2,83 29,70	163,32 4,60 48,27	— 9,53 100,0	73,77 3,68 38,61	24,08 1,98 20,78	94,31 3,87 40,61	— — —	— 9,53 100,0	0,49	M _{0,49} — $\frac{\text{Cl } 48 \text{ SO}_4 29 \text{ HCO}_3 22}{\text{Na } 41 \text{ Ca } 39 \text{ Mg } 20}$
Дер. Глушковичи Лельчицкого р-на	1962 г.	2,20—40,0	1,02	1,00	6,5	мг/л мг·экв мг·экв %	61,00 1,00 64,93	9,88 0,20 12,99	12,01 0,34 22,08	— 1,54 100,0	14,50 0,72 46,75	3,77 0,30 19,48	12,00 0,52 33,77	— — —	— 1,54 100,0	0,08	M _{0,08} — $\frac{\text{HCO}_3 65}{\text{Ca } 47 \text{ Na } 34}$

приятый. Только с 1958 г. в связи с расширением народнохозяйственных задач и прежде всего необходимостью решения вопросов перспективного водоснабжения городов и крупных промышленных предприятий в режимные исследования стали включаться северные районы республики.

Таким образом, накопленные к настоящему времени материалы позволяют дать общую характеристику режима подземных вод преимущественно южной части территории БССР — Полесской низменности.

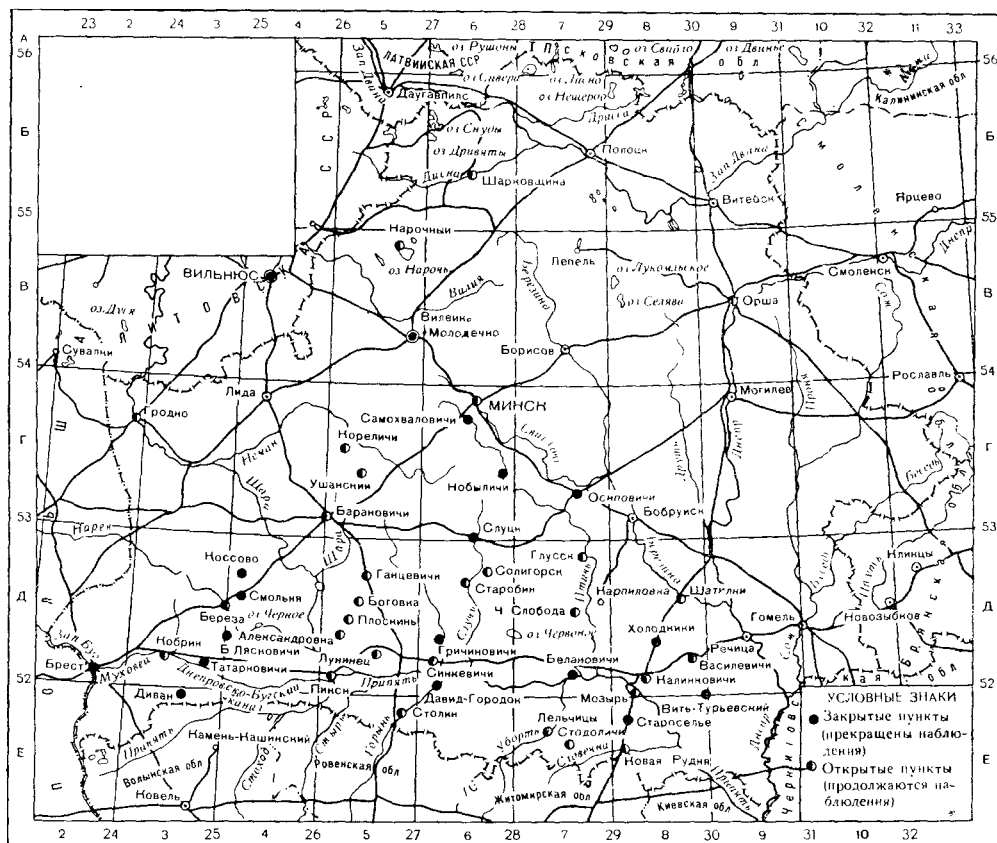


Рис. 13. Схема расположения пунктов наблюдений режимной сети Белоруссии

Начиная с 1947 г. большие работы по изучению режима подземных вод произведены здесь Белорусской гидрогеологической станцией (И. М. Корниенко, Л. К. Берзина, А. П. Лавров и др.), Институтом геологических наук АН БССР (Г. В. Богомолов, П. А. Киселев, М. Ф. Козлов, Я. М. Шилинская и др.) и ВСЕГИНГЕО (А. А. Маккавеев). Наблюдения за режимом подземных вод на отдельных участках Полесья вели и другие организации. К указанному региону относятся также известные исследования Е. В. Оппокова (1902—1912 гг.) и И. И. Жилинского (1873—1898 гг.).

Для ряда участков Полесья Белорусская гидрогеологическая станция и Институт геологических наук АН БССР располагают в настоящее время данными по режиму подземных вод за 10—15-летний период. Эти наблюдения продолжаются и сейчас. Изучение режима подземных вод в северной части Белоруссии (к северу от Минска) начаты в самое

последнее время. Наиболее полные данные по режиму подземных вод получены для водоносных горизонтов четвертичных отложений; по отдельным точкам имеются данные по режиму подземных вод неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских и кембрийских образований.

В четвертичных отложениях изучался режим подземных вод, заключенных в песках и отчасти в торфах террасовых отложений, в песках надморенных (покровных) межморенных и подморенных флювиогляциальных отложений.

При изучении режима подземных вод главное внимание обращалось на колебания их уровня; кроме того, в отдельных пунктах производились наблюдения за изменениями температуры и химического состава подземных вод в характерные периоды года (при высоком и низком уровнях). На балансовых участках (Минском, Пинском, Мозырь-Калинковичском, Пłosкинском, Долговском, Старобинском, Плянтковском) велись также наблюдения за динамикой влаги в зоне аэрации и лизиметрические наблюдения за инфильтрацией и испарением.

Для изучения инфильтрационного питания грунтовых вод применялся также метод конечных разностей на выделенных для этой цели балансовых участках (Пинском, Синкевичском, Пłosкинском, Долговском, Старобинском, Глусском, Мозырь-Калинковичском).

Исследованиями установлено, что режим подземных вод мезозойских и кайнозойских отложений формируется в условиях тесной гидравлической связи отдельных водоносных горизонтов между собой и с водами поверхностных водотоков и водоемов. Колебания уровня подземных и поверхностных вод вследствие хорошей гидравлической связи являются в той или иной степени синхронными; для более глубоких водоносных горизонтов отмечается лишь уменьшение амплитуд колебаний уровня и более сглаженный плавный характер кривых колебаний уровня.

Наличие хорошей гидравлической связи подземных вод мезозойских и кайнозойских отложений между собой и с поверхностными водами является характерной чертой гидрогеологических условий территории Полесской низменности. Наблюдаемое здесь иногда запаздывание колебаний уровня более глубоких водоносных горизонтов по сравнению с колебаниями зеркала воды в вышележащих водоносных горизонтах и реках имеют место при отсутствии гидравлической связи в пункте наблюдений и при наличии такой связи в некотором удалении от этого пункта. Типичный пример такого запаздывания отмечен для района Мозыря, где основные колебания уровня вод в палеогеновых песках (скв. 1) запаздывают при весеннем подъеме уровня на время 0,5—1 месяц от соответствующих колебаний уровня вышележащих вод четвертичных отложений и поверхностных вод. Гидравлическая связь различных водоносных горизонтов между собой и с реками обуславливает местами усложнение кривых колебаний уровня грунтовых вод; такой гидродинамически усложненный тип режима, в частности, наблюдается у вод межморенных березинско-днепровских флювиогляциальных отложений, изучаемых в скв. 32, расположенной на междуречье рек Ясельды и Пины.

Гидравлически обособленный режим, не зависящий от режимов других водоносных горизонтов и от влияния поверхностных вод, формируется лишь в грунтовых водах флювиогляциальных песков, покрывающих морену на водораздельных пространствах и во внутриморенных линзах.

Классифицируя по Г. Н. Каменскому режим подземных вод безнапорных и напорных водоносных горизонтов кайнозоя и мезозоя по гидродинамическим признакам, можно выделить на территории Полесской

низменности следующие характерные типы: водораздельный, прибрежный и смешанный. К смешанному типу режима относится не только область перехода от прибрежного типа к водораздельному, но и гидродинамически усложненный режим, формирующийся под действием взаимосвязи водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водами. Для водораздельного типа режима можно выделить две его разновидности: 1) обычно встречающийся водораздельный режим с нормальным инфильтрационным питанием и 2) реже встречающийся водораздельный режим с затрудненным инфильтрационным питанием, характеризующийся пологим ходом кривой колебаний уровня грунтовых вод, отмеченный, в частности, для водораздельных пространств между реками Ясельдой и Пиной (Пинский гидрогеологический створ, скважины 4, 5 и др.) и между реками Птичь и Случь (Глусский гидрогеологический створ, скважины 8, 9 и др.). В юго-западной части Полесья уже за пределами Белоруссии на фоне отмеченных выше основных типов режима отмечаются элементы карстового режима для вод мергельно-меловой толщи верхнего мела. В породах фундамента Украинского кристаллического щита (заходящего на территорию БССР на крайнем юге) отмечаются свои специфические черты колебаний уровня приуроченных к ним трещинных вод, заключающиеся в резких и частых подъемах уровня, связанных с выпадением атмосферных осадков, весенним снеготаянием, оттепелями в зимний и предвесенний периоды.

В колебаниях уровня подземных вод в течение гидрологических годов, ограниченных летне-осенними минимумами стояния уровня подземных и поверхностных вод, отмечаются два основных подъема уровня (рис. 14, 15, 16): весенний, обычно наивысший в году, и осенне-зимний. При относительно малом количестве атмосферных осадков осенне-зимний подъем уровня подземных вод может иметь незначительную величину или вовсе отсутствовать. В этом случае уровень подземных вод в общем непрерывно снижается от весеннего максимума до последующего нового весеннего его подъема, осложняясь иногда небольшими повышениями уровня в осенне-зимний период. Такой длительный спад уровня подземных и поверхностных вод отмечен, в частности, для летне-осеннего периода 1953 г. и последующего зимнего периода 1954 г., а малый осенне-зимний подъем уровня для 1951—1952 гидрологического года (восточная половина Полесья). Это отчетливо видно на графиках (см. рис. 14, 15, 16), что отмечалось также в опубликованных ранее работах (Киселев, 1961; Козлов, Шилинская, 1961; Лавров, Корниенко, 1961). Отсутствие осенне-зимнего подъема уровня в 1953—1954 гидрологическом году объясняется малым количеством атмосферных осадков в первой холодной четверти гидрологического года (за IV квартал), когда выпало наименьшее количество атмосферных осадков за весь период наблюдений с 1947 по 1962 г. (для района Глусска количество осадков за IV квартал 1953 г. составило всего 74,4 мм, в то время как при высоком осенне-зимнем подъеме уровня в 1950—1951 гидрологическом году количество атмосферных осадков за это время составило 198,3 мм).

Кроме двух основных подъемов уровня, весеннего и осенне-зимнего иногда наблюдается третий подъем уровня относительно небольшой высоты — летний, связанный с большим количеством дождей в летний период. Характерным в этом отношении для Полесья является 1949 г., для которого на кривых колебаний уровня подземных и поверхностных вод четко выражен третий в гидрологическом году подъем уровней — летний, в связи с относительно большим количеством атмосферных осадков в летние месяцы. Это, в частности, хорошо видно на кривых

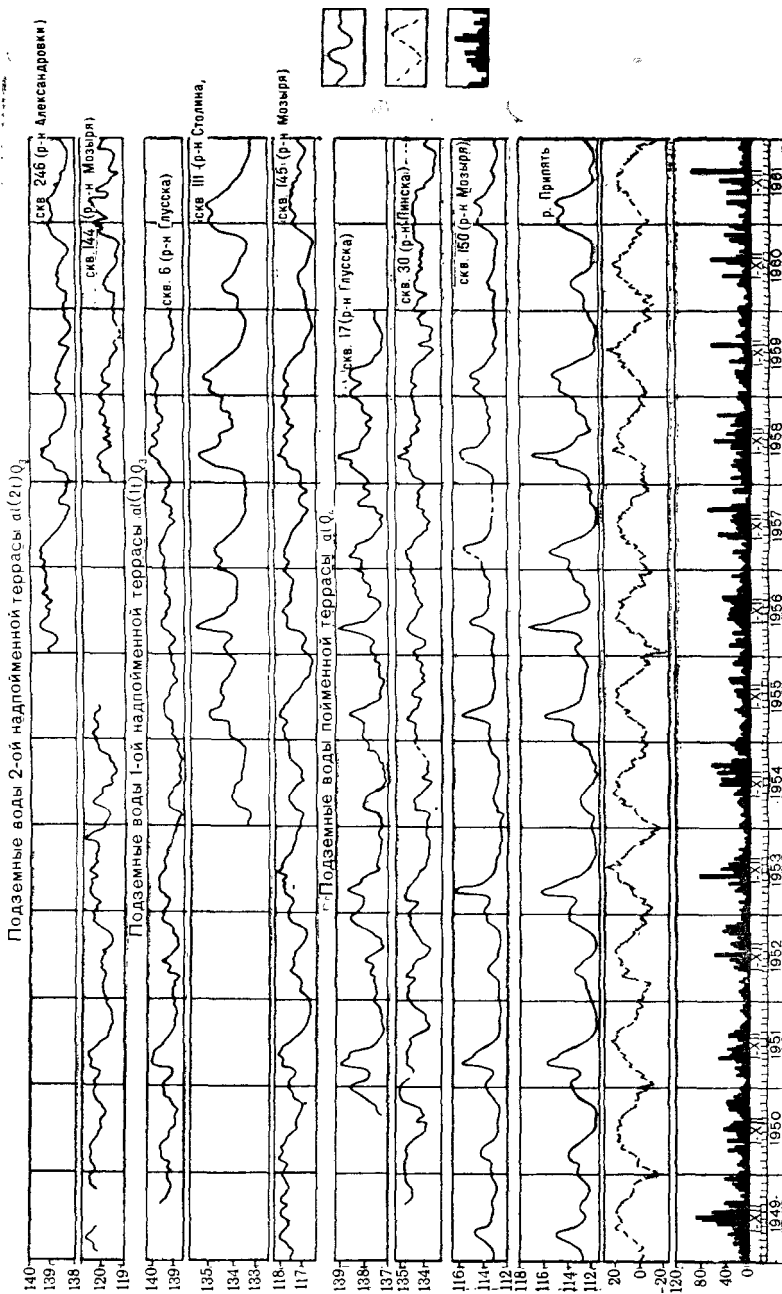


Рис. 14. График колебаний уровня грунтовых вод пойменных, первых и вторых надпойменных террас в Полесье
1 — кривые колебаний уровня грунтовых вод и р. Припяти; 2 — температура воздуха, °C; 3 — атмосферные осадки, мм

колебаний рек Пины и Припяти в районе Пинска и на кривых колебаний уровня воды в р. Припяти и грунтовых вод пойменной террасы в районе г. Мозыря. В районе Старобина летние подъемы уровня наблюдались, в частности, в 1948—1950 гг. ежегодно.

Для трещинных вод гранитов и гранито-гнейсов северной оконечности Украинского кристаллического щита, залегающих под маломощным четвертичным покровом, летний подъем уровня за счет более быстрого проникновения атмосферных осадков в грунтовые воды является более постоянным по сравнению с грунтовыми водами рыхлых от-

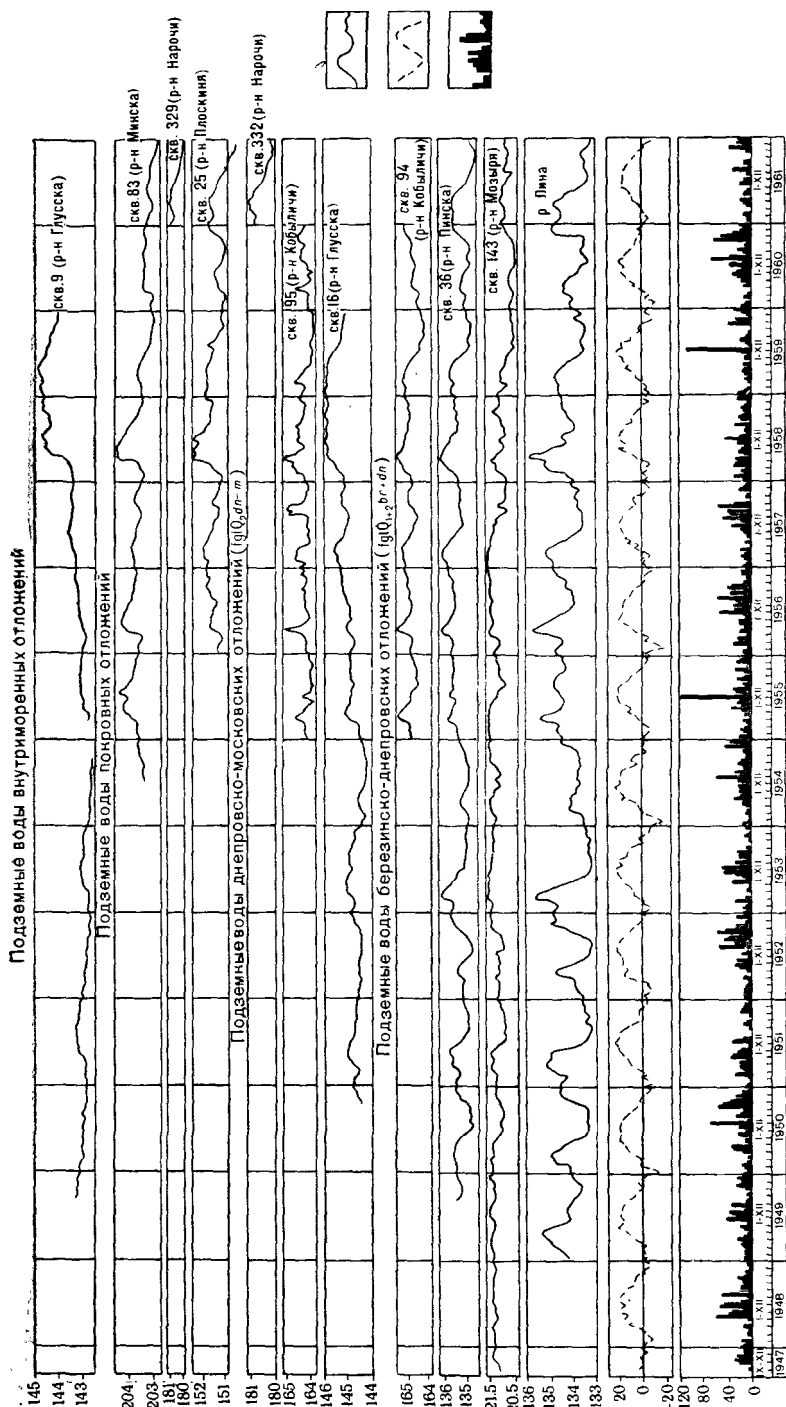


Рис. 15. График колебаний уровня подземных вод надморенных внутриморенных, межморенных и подморенных отложений

1 — кривые колебаний уровня подземных вод и р. Пины; 2 — температура воздуха, °C; 3 — атмосферные осадки, мм

ложений, до которых летние осадки не достигают, испаряясь, или достигают в малом количестве.

Благоприятные условия для развития летнего подъема уровней создаются, в частности, при относительно большом количестве атмосферных осадков, выпадающих непосредственно за весенним подъемом

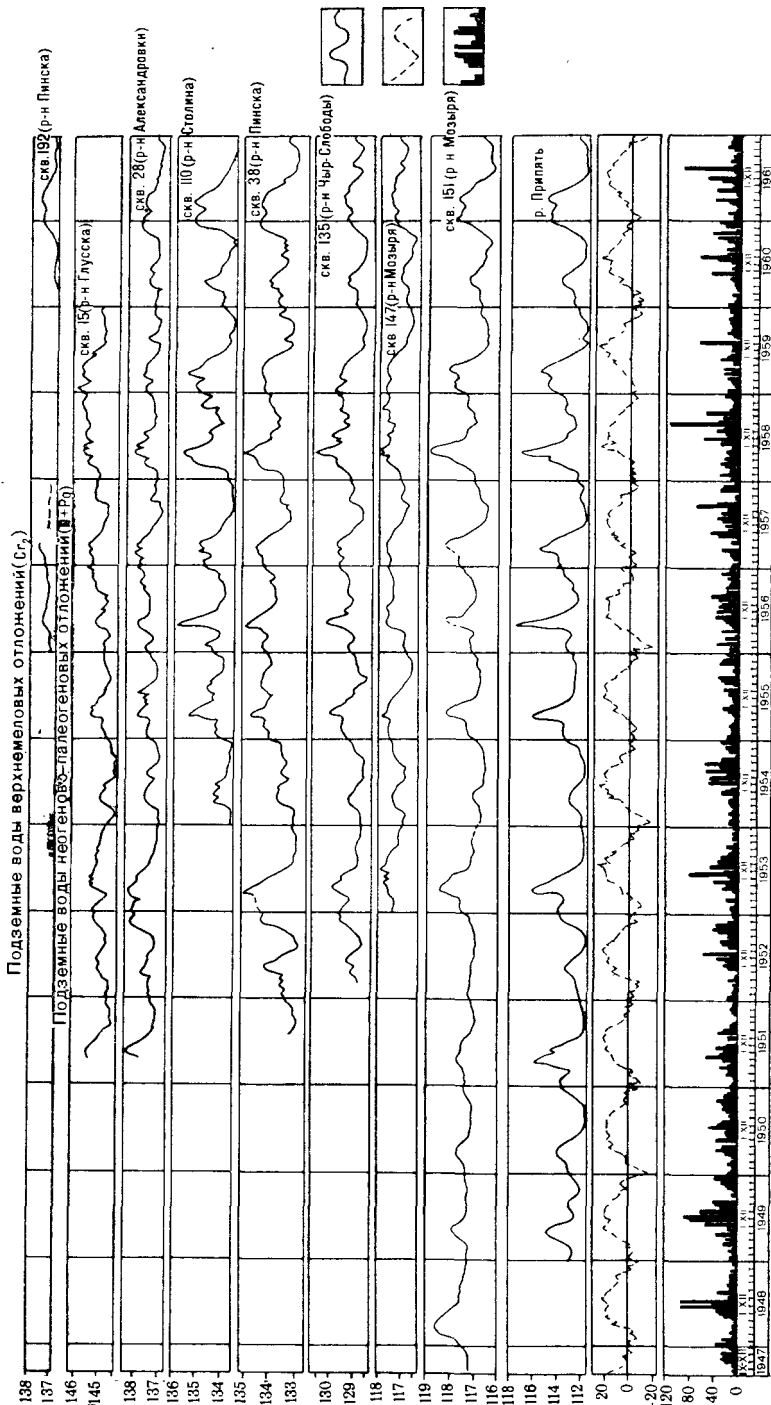


Рис. 16. График колебаний уровня подземных вод палеогеновых, неогеновых и верхнемеловых отложений
1 — кривые колебаний уровня подземных вод и р. Припять; 2 — температура воздуха, °С; 3 — атмосферные осадки, мм

уровня, когда зона аэрации увлажнена. Это создает условия для подъема уровня грунтовых вод и гидравлически связанных с ними водоносных горизонтов, а также более благоприятные условия для поверхностного стока и, следовательно, для подъема уровня в реках, озерах, болотных массивах. Такие условия можно отметить по данным исследований Е. В. Оппокова (1913), для района Василевичи (к западу от

Мозыря), где летние подъемы уровня в 1903 и 1906 гг. являлись наивысшими в году и были вызваны относительно большими осадками после весеннего подъема уровней.

Весенний максимум уровня грунтовых вод и гидравлически связанных с ними межпластовых подземных вод наблюдается в Белоруссии обычно в апреле: в отдельные годы в зависимости от начала и хода весеннего снеготаяния, а также от хода атмосферных осадков весенний максимум уровня бывает в марте, а иногда смещается на май—июнь.

Зимний или осенне-зимний максимум уровня подземных вод обычно наблюдается в декабре — первой половине января, иногда в ноябре, в редких случаях смещается на февраль.

Максимумы уровня, образующиеся при его летних подъемах, обычно наблюдаются в июле—августе, но могут быть и ранее, в июне и даже в мае, если названные подъемы происходят непосредственно за весенним подъемом уровня, вследствие начала дождей в весеннее время.

В те же сроки наблюдаются максимальные уровни также в реках, озерах и болотах.

В течение гидрологического года наблюдается два основных минимума высоты стояния уровня подземных и поверхностных вод: летне-осенний минимум, являющийся годовым, и зимний. Летне-осенний минимум уровня наблюдается обычно в сентябре—октябре, иногда в августе, в редких случаях в июле или ноябре — начале декабря, как, например, в 1961 г. в районе оз. Нарочь на севере БССР (скважины 329, 330, 332) и в районе Минска (скважины 312, 66, 85), в то время как на юге Белоруссии, в Полесье летне-осенний минимум стояния уровня подземных вод наблюдался в разные сроки — от августа (район Глусска) до ноября (районы Кобрина, Плоский, Пинска). Продолжительность пониженного стояния уровня в летне-осенний период колеблется около одного-трех месяцев, увеличиваясь до четырех месяцев; часто этот период отсутствует, снижение уровня от его весеннего максимума прерывается и начинается подъем уровня к его осенне-зимнему максимуму. В реках, в общем, продолжительность пониженного стояния уровня воды больше, чем для грунтовых и гидравлически связанных с ними подземных вод; но и для них часто спад уровня после весеннего подъема прерывается его повышением, сливающимся с осенне-зимним подъемом.

При отсутствии осенне-зимнего подъема уровня отсутствует и летне-осенний минимум. От весеннего максимума уровень зигзагообразно понижается вплоть до зимнего минимума. Это хорошо видно на примере падения уровня грунтовых вод первой надпойменной террасы в районе Глусска (скв. 6), где в 1953—1954 гидрологическом году уровень снижался в течение одиннадцати месяцев от весеннего максимума (начало апреля 1953 г.) до зимнего минимума (начало марта 1954 г.). Обычная продолжительность спада уровня 2,5—3 месяца, в редких случаях достигает 6 месяцев.

Зимний период пониженного стояния уровня непродолжителен — 0,5—2 месяца, часто вообще отсутствует вследствие перерыва спада уровня от осенне-зимнего максимума. В этих случаях новый подъем уровня сливается с весенним. В результате получаются две рядом расположенные волны осенне-зимнего и весеннего подъемов уровня; такие двойники в колебаниях уровня подземных и поверхностных вод отчетливо выявились на территории Полесской низменности, в частности в 1950—1951 и 1952—1953 гидрологических годах (см. рис. 14, 15, 16).

Высота стояния уровня при низком его положении зимой обычно выше низкого положения уровня в летне-осенний период. Продолжи-

тельность спада уровня в зимний период около 1—1,5 месяца иногда уменьшаясь до 0,5 месяца или увеличиваясь до 2—2,5 месяца.

Продолжительность весеннего подъема уровня около 1—1,5 месяца; иногда подъем происходит за 10—15 дней, а в других случаях растягивается до 2 месяцев. Продолжительность осенне-зимнего подъема уровня колеблется обычно около 2—3 месяцев, иногда уменьшается до 0,5—2 месяцев или увеличивается до 3—4 месяцев.

Период времени между осенне-зимним максимумом стояния уровня и последующим его весенним максимумом составляет около 3—4 месяцев, иногда уменьшаясь до 2,5 месяца, а иногда увеличиваясь до 4,5 месяца. Соответственно период времени между весенним максимумом стояния уровня и его последующим осенне-зимним максимумом составляет около 8—9 месяцев, возрастая иногда до 10 месяцев или уменьшаясь до 7 месяцев.

Весенний максимум стояния уровня обычно выше осенне-зимнего. В редких случаях на отдельных участках наблюдаются симметрично расположенные, одной высоты пики осенне-зимнего и весеннего повышений уровня. Например, в 1952—1953 гидрогеологическом году такие случаи наблюдались в районе Глусска для грунтовых вод первой надпойменной террасы (скв. 2) и в районе Коссово для подморенного водоносного горизонта, заключенного в флювиогляциальных песках (скв. 1).

Годовые амплитуды колебаний уровня грунтовых вод имеют наибольшие величины вблизи рек (в условиях прибрежного режима), где они изменяются в интервале около 0,5—4 м. Наиболее значительные амплитуды отмечены вблизи р. Припяти (табл. 47).

Таблица 47

Изменение уровня воды в скважинах

Река, номер скважины	Расстояние от реки, км	Амплитуда колебания уровня, м
Река Припять	—	4,38
Скв. 150	0,6	3,32
Скв. 149	1,3	1,69
Скв. 143	8,4	0,74
Река Птичь	—	2,15
Скв. 2	0,013	2,08
Скв. 1	0,053	1,80
Сив. 4	0,093	1,51

На водораздельных пространствах годовые амплитуды колебания уровня достигают 1—1,5 м, редко 2 м, чаще около 0,5 м.

Годовые амплитуды колебания уровня в напорных водах четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений достигают меньших величин, обычно до 0,5—1,2 м; вследствие уменьшения амплитуд кривые колебаний уровня напорных вод имеют более сглаженный характер по сравнению с кривыми изменений уровня грунтовых вод. Вблизи рек амплитуды увеличиваются и достигают 1,7—1,9 м (Столин).

Годовые амплитуды колебания уровня подземных вод уменьшаются с удалением от рек, а также с глубиной. При удалении от рек амплитуды колебания уровня грунтовых вод уменьшаются лишь до некоторого предельного расстояния от реки, зависящего от геологических и гидрогеологических условий участка наблюдений; при дальнейшем увеличении расстояния от реки амплитуды колебания уровня опять нарастают под влиянием атмосферных осадков. Уменьшение амплитуд

колебания уровня на левобережье р. Припяти в районе г. Мозыря (в 1951 г.) и р. Птичи (в 1949—1950 гг.) по мере удаления от реки приведено в табл. 47.

Изменение амплитуд с удалением от реки с предельной четкостью отражается зависимостью $Z_n = C \cdot n Z_0$, где $n=0, 1, 2 \dots$ номера сечений, следующих друг за другом через равные расстояния; Z_0 — амплитуда колебания уровня в реке (в нулевом сечении); Z_n — амплитуда колебания уровня в n -м сечении; C — безразмерная постоянная, зависящая, в частности, от принятых расстояний между расчетными сечениями; для района Глусска значение C равнялось 1,16 при расстояниях между сечениями 13,33 м.

Величина годовых амплитуд колебаний уровня подземных и поверхностных вод зависит от количества атмосферных осадков, хода их изменений в году, а также от температуры воздуха; существенное влияние оказывают на уровень осадки, выпадающие в холодную часть гидрологического года, т. е. в период пониженных температур воздуха. Это обычно осадки за IV и последующий I кварталы. Чем больше выпадает за эти кварталы атмосферных осадков, тем выше подъем уровня подземных и поверхностных вод. Осадки выпадают в период снеготаяния и вслед за ним увеличивают высоту подъема уровня. Например, на левобережье р. Припяти в 1949—1950 и в 1950—1951 гидрогеологических годах суммарные осадки за IV и последующий I кварталы равнялись 139,2 и 215,5 мм; в соответствии с этими осадками годовые амплитуды колебания уровня были большими в 1950—1951 гидрологическом году (табл. 48).

Т а б л и ц а 48

Изменение уровня воды в р. Припяти

Наименование реки, террасы	Расстояние от реки, км	Год наблюдений	Амплитуда колебания уровня, м
Припять	—	1949—1950	2,61
Пойменная терраса	0,1—1,4	1949—1950	2,54—1,00
I надпойменная терраса	1,6—5,8	1949—1950	1,01—0,66
II надпойменная терраса	7,8	1949—1950	0,75
Припять	—	1950—1951	4,38
Пойменная терраса	0,1—1,4	1950—1951	3,35—1,69
I надпойменная терраса	1,6—5,8	1950—1951	1,45—1,25
II надпойменная терраса	7,8	1950—1951	1,08

Амплитуды колебания уровня вод неоген-палеогенового водоносного комплекса на расстоянии 200 м от р. Припяти для указанных годов равны 0,65 и 0,76 м. Годовые амплитуды колебания уровня р. Припяти в районе Мозыря при осадках 115—215 мм за IV и I кварталы (1949—1952 гг.) были почти пропорциональны осадкам; за каждый метр прироста величины годовой амплитуды колебания уровня в р. Припяти требовался в 1949—1952 гг. прирост суммы осадков за IV и последующий I кварталы, равный 49,3—57,8 мм.

Величина осенне-зимних подъемов уровня подземных и поверхностных вод зависит от осадков, выпадающих в период, охватывающий примерно IV квартал года; чем больше выпадает осадков в это время, тем выше подъем уровня в осенне-зимний период; наиболее существенную роль для осенне-зимнего подъема уровня играют октябрьско-ноябрьские осадки, поскольку в это время выпадает наибольшее

количество атмосферных осадков в жидкой фазе по сравнению с декабрем; в октябре и ноябре наблюдаются преимущественно положительные среднемесячные температуры.

Осадки теплой части года, если не считать небольшие летние подъемы уровня, вызываемые дождями в отдельные годы, существенного влияния на уровень подземных вод не оказывают. Например, в районе Глусска в 1950 г. в период с 1 апреля по 1 октября выпало атмосферных осадков 335 мм, а в холодный период с 1 октября 1950 г. по 1 апреля 1951 г. — 257,8 мм; однако уровень подземных и поверхностных вод в теплый период года в основном снижался, а в холодный период года, осенью и весной, он интенсивно поднимался.

Иной характер имеет режим подземных вод при затрудненной инфильтрации и отсутствии гидравлической связи с другими водоносными горизонтами и реками. Уровень подземных вод в этом случае подвержен плавным колебаниям с незначительной амплитудой. На уровень этих вод оказывают влияние лишь осадки, выпадающие в относительно повышенном количестве: относительно малые осадки в году существенного влияния на уровень не оказывают. Такой характер режима отмечается для подземных вод водораздельных пространств, заключенных во внутриморенных песках (например, район Глусска) или в перекрытых сверху слабоводопроницаемых покровных флювиогляциальных песках и в выполнениях древнего размыва, сложенных мелкозернистыми песками с прослойками супесей (например, район Пинска). Подъемы уровня наступают после годов с обильными осадками, особенно если они выпадают в холодные полугодия, т. е. в IV и последующем I кварталах. Типичный ход колебаний уровня для этого типа режима наблюдался в скв. 9, в районе Глусска (см. рис. 15), а также в скважинах 33 и 34 (восточнее г. Пинска).

Данные о колебаниях уровня подземных вод по отдельным генетическим типам отложений и стратиграфическим горизонтам приводятся на графиках (см. рис. 14, 15, 16). На режим грунтовых вод пойменной, первой и второй надпойменных террас и развитых на них болотных образований прямое влияние оказывают атмосферные осадки и режим рек. Под влиянием осадков холодных полугодий гидрологических годов происходят осенне-зимний и весенний подъемы уровня грунтовых вод (см. рис. 14), регулируемые подъемами уровня воды в реках. Летние осадки существенного влияния на уровень грунтовых вод не оказывают. Амплитуды колебания уровня за гидрологические годы (1949—1961) колеблются около 0,6—3,9 м в области пойменных террас (например, районы Мозыря, Пинска, Глусска и др.); осенне-зимние подъемы уровня изменяются за разные годы от 0,1 до 1,7 м, а весенние относительно зимне-весеннего минимума — от 0,2 до 3,05 м.

Годовые амплитуды колебания уровня грунтовых вод первых надпойменных террас (например, для районов Мозыря, Глусска и др.) за разные гидрологические годы (1949—1961) составляют около 0,6—1,6 м. Более значительные годовые амплитуды колебания уровня грунтовых вод первой надпойменной террасы достигают 1,2—1,9 м по скв. 111, расположенной вблизи р. Горынь, где грунтовые воды гидравлически связаны с водами реки. Осенне-зимние подъемы уровня имеют здесь размеры около 0,1—1 м, редко 1—1,6 м, весенние — 0,2—1,2 м, редко до 1—2 м.

Годовые амплитуды колебания уровня грунтовых вод вторых надпойменных террас равны 0,3—1,6 м (районы Мозыря, Александровки и др.); осенне-зимние подъемы уровня — 0,3—1,4 м, весенние — 0,2—1,2 м.

Наиболее высокие средние уровни грунтовых вод приходятся на 1958 г. и соответствуют периоду высокой солнечной активности, наблю-

давшейся в 1957—1959 гг., а минимальные уровни на 1952, 1954 гг. и соответствуют пониженным значениям солнечной активности.

За многолетний период амплитуда колебания уровня грунтовых вод пойменной террасы р. Припяти в районе Мозыря за 1949—1961 гг. равнялась 4,13 м, для поймы р. Птичь в районе Глусска за 1951—1959 гг. — 2,22 м и для поймы р. Ясельды в районе Пинска за 1949—1961 гг. — 1,76 м. Максимальный и минимальный уровни за многолетний период наблюдались в районе Мозыря соответственно в апреле 1953 г. и марте 1954 г., в районе Глусска — в апреле 1956 г. и в июле 1954 г. и в районе Пинска — в апреле 1958 г. и в октябре 1961 г. Для грунтовых вод первых и вторых надпойменных террас (районы Мозыря, Глусска, Столина, Александровки и др.) многолетние амплитуды (1949—1961 гг.) равны 1,7—2,3 м. Своеобразный ход изменений уровня грунтовых вод покровных флювиогляциальных отложений усматривается из графиков (см. рис. 15), составленных для районов Минска и Плоския. Кривая колебаний уровня в районе Минска (скв. 83) имеет четко выраженные весенние подъемы уровня, которые в иные годы сглажены; от весеннего максимума уровень в общем снижается, осложняясь незначительным подъемом в осенне-зимний период вплоть до следующего его весеннего подъема; редко осенний подъем уровня выделяется четко, как это было осенью 1957 г., когда такой же подъем меньшего размера наблюдался в районе Плоския (скв. 25). Общий ход кривой колебаний уровня в районе Плоския повторяет в общем несколько сглажено кривую колебаний уровня в районе г. Минска.

Годовые амплитуды колебаний уровня обычно равны 0,3—1,4 м, высота его осенне-зимнего подъема — 0,1—0,5 м и весеннего — около 0,1—1,4 м; высокий весенний подъем около 1,4 м отмечен для района Плоския (скв. 25, 1957—1958 гидрологический год). В районе оз. Нарочь (скв. 329) амплитуда колебания уровня за 1961 г. составляла 1,14 м, а в районе Минска (скв. 66) — 2,06 м. Амплитуды колебания уровня за многолетний период наблюдений (1949—1959 гг.) достигают 1,7 м (Плоския) — 2,2 м (Глусск).

Режим напорных подземных вод межморенных и подморенных отложений (днепровско-московских, березинско-днепровских) изучался в ряде пунктов; в частности, режим вод межморенных московско-днепровских флювиогляциальных песков изучался в районах Глусска, Кобыличи, оз. Нарочь и т. д., а вод межморенных днепровско-березинских флювиогляциальных песков — в районах Мозыря, Пинска, Кобыличи и др. Кривые колебаний уровня вод этих отложений представлены на рис. 15. Ход колебаний уровня по сравнению с грунтовыми водами отличается меньшими амплитудами; весенние подъемы уровня выделяются ясно в виде невысоких повышений; осенне-зимние подъемы часто незначительны; иногда четко не выделяются. Годовые амплитуды колебаний уровня подземных вод межморенных и подморенных образований обычно имеют размеры 0,4—1 м, в редких случаях достигают 1,2—2 м; осенне-зимние подъемы уровня равны 0,1—0,6 м и редко около 0,8—1,2 м, весенние — 0,1—1,1 м. Поскольку воды межморенных и подморенных флювиогляциальных песков гидравлически связаны с грунтовыми водами и через них с поверхностными водами, то на ход колебаний их уровня влияют осадки и изменения уровня в реках; с увеличением осадков в холодную часть гидрологического года их уровень повышается. Среднегодовые уровни по наблюдениям в районах Пинска и Глусска имели минимум в 1954 г., а максимум в 1958 г., в котором отмечен также максимум для района Кобыличи, что соответствует ходу изменений солнечной активности в эти годы. В районе Мозыря среднегодовые уровни за период с 1948 по 1961 г. имели иной характер изме-

нения уровней; с 1948 по 1951 г. уровень снижался от абсолютной среднегодовой отметки 121,33 м до отметки 121 м; затем уровень опять поднимался до отметки 121,3 м в 1953 г.; далее в 1954 г. имели относительный минимум с отметкой 121,16 м, от которой уровень поднимался к своему максимуму с отметкой 121,28 м в 1956 г.; с 1956 г. уровень непрерывно снижался, достигнув в 1960 г. своего среднегодового минимума за весь период наблюдений с отметкой 120,58 м; к 1961 г. уровень повысился до отметки 120,71 м. В общем за период с 1948 по 1960—1961 гг. среднегодовой уровень снизился на 0,75—0,59 м. В период максимума солнечной активности в 1957—1959 гг. уровень непрерывно снижался; величина снижения уровня в эти годы составила 0,43 м. Амплитуды колебания уровня за многолетний период наблюдений (1947—1961 гг.) равнялись для вод днепровско-московских флювиогляциальных отложений 1,4—2 м (районы Глусска, Кобыличи) и для вод березинско-днепровских отложений 1,3—1,7 м (районы Мозыря Пинска, Кобыличи и др.); наиболее высокая амплитуда 2,03 м отмечена для вод днепровско-московских отложений в районе Глусска (скв. 16, минимум уровня — сентябрь 1954 г. и максимум уровня — апрель 1959 г.); в районе Мозыря (скв. 143), амплитуда колебания за многолетний период с 1947 по 1961 г. составила для вод березинско-днепровских флювиогляциальных отложений 1,27 м и в районе Пинска 1,67 м. Максимум и минимум уровня за многолетний период соответственно отмечены для районов: Мозыря — в марте 1955 г. и в августе 1960 г., Пинска — в апреле 1958 г. и в августе 1951 г., Глусска — в апреле 1959 г. и в сентябре 1954 г., Кобыличи — в апреле 1958 г. и в сентябре (октябре) 1959 г.

Ход колебаний уровня воды в палеогеновых отложениях (см. рис. 16) отражает основные колебания уровня подземных вод вышележащих четвертичных отложений и уровня в реках, что является следствием гидравлической их связи. Вблизи рек амплитуды основных колебаний уровня более значительны (Столин, Пинск и др.). В основных колебаниях уровня наблюдаются также весенние, наиболее высокие в году, и осенне-зимние подъемы уровня, которые в отдельные годы незначительны или сливаются в единый подъем с весенним. По данным наблюдений в ряде пунктов (районы Мозыря, Червоной Слободы, Пинска, Александровки, Столина), годовые амплитуды колебания уровня воды в палеогеновых отложениях составляют около 0,3—2,7 м. Осенне-зимние подъемы уровня составляют 0,2—1,7 м, весенние — 0,3—2 м. Наибольшие годовые амплитуды 1,7—2,7 м отмечены в районах Мозыря, Пинска и Столина, где наблюдательные скважины расположены вблизи рек с большими амплитудами колебания уровня (реки Припять, Горынь). Многолетние амплитуды колебания уровня вод третичных отложений за период 1947—1961 гг. для района Мозыря равнялись 2,98 м (максимум уровня — апрель 1958 г., минимум — август 1961 г.); для других пунктов многолетние амплитуды составляли: в районе Глусска — 1,8 м, в районе Пинска — 2,5 м, в районе Столина — 2,4 м.

Колебания уровня воды сенон-туронского водоносного горизонта (см. рис. 16) наблюдались в районе Пинска (скв. 192). Основные колебания уровня включают осенне-зимний и весенний, наивысший в году, подъемы уровня. Сенон-туронский водоносный горизонт гидравлически связан с вышележащими водоносными горизонтами и через них с реками. Амплитуды основных колебаний уровня имеют в общем меньшую величину, чем амплитуды в вышележащих водоносных горизонтах палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений. Годовые

амплитуды колебаний уровня в Белорусской части Полесья равны 0,5—0,8 м, а в юго-западной на территории Украины 2 м (район Ратно).

Инфильтрационное питание грунтовых вод имело место главным образом в холодную часть гидрологического года при осенне-зимнем и весеннем подъемах уровня. Величина фактического инфильтрационного питания грунтовых вод за вычетом испарения за разные гидрологические годы (1947—1954 гг.) по данным расчетов по методу конечных разностей (Киселев, 1961) составила для Полесья (районы Мозыря, Глусска, Старобина, Долгое, Синкевичи) 2,3—14,5% от количества атмосферных осадков, или 11,7—76,3 мм за гидрологический год. В редких случаях в иные годы грунтовые воды местами инфильтрационного питания в конечном итоге не получают за гидрологический год за счет преобладающего испарения с их поверхности; вследствие этого грунтовые воды теряют часть своих запасов (около 3% от количества атмосферных осадков). Полученные данные по инфильтрационному питанию были проверены контрольными расчетами прогноза колебаний уровня грунтовых вод на электронной счетной машине «Урал» (Киселев, 1962).

Результаты расчетов указывают на близость наблюдаемых и расчетных кривых колебаний уровня грунтовых вод и, следовательно, на правильность полученных данных по инфильтрационному питанию грунтовых вод в Полесье, использованных при прогнозе колебаний уровня.

Белорусской гидрогеологической станцией были произведены расчеты инфильтрационного питания грунтовых вод в Полесье по методу конечных разностей для последующих годов (1956—1961 гг.); полученные величины фактического инфильтрационного питания (для района Плескинь) составили 1,6—13,1% от количества атмосферных осадков, или 8,3—91,5 мм в год; в отдельные годы (1959, 1961) отмечены в конечном счете потери запасов грунтовых вод 0,5—6,2% (2,7—26,1 мм) за счет испарения.

Приведенные данные показывают, что грунтовые воды в Полесье обычно получают фактически (в итоге за год) инфильтрационное питание в количестве 1,6—14,5% от количества атмосферных осадков. В отдельные годы местами не только не получают инфильтрационного питания, но, наоборот, теряют часть своих запасов (0,5—6,2%) на испарение.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ, ГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Опробование глубоких скважин, пробуренных в основном в южной части БССР, показывает, что в этой части республики четко прослеживается смена гидрохимических типов подземных вод от пресных — гидрокарбонатно-кальциевых до сульфатно-кальцево-магниевых и глубже до хлоридно-кальцево-натриевых вод, с постепенным нарастанием их общей минерализации. Такие же закономерности наблюдаются и по другим районам Белоруссии, за исключением территории, занятой Белорусским кристаллическим массивом и его склонами, с глубиной залегания его кровли до 500 м от поверхности земли.

В сводовой его части распространены только пресные воды, на склонах — пресные гидрокарбонатно-кальцево-магниевые и ниже — хлоридно-натриевые. Отмечено, что с нарастанием общей минерализации и преобладающим содержанием натрия (хлористого) растет и содержание кальция, но в процентном отношении оно сначала уменьшается, а затем увеличивается в глубоких зонах. Процент сульфатов в хлоридно-кальцево-натриевых водах также уменьшается. Абсолют-

ное количество магния увеличивается параллельно общему нарастанию минерализации.

Как это видно из предыдущих глав, такая зональность подземных вод на территории БССР тесно связана с геологическими структурами, обуславливающими степень активности водообмена в различных зонах и проницаемости отложений осадочного комплекса.

В этом отношении важную роль играет Белорусский кристаллический массив с повышенными отметками залегания фундамента. Он является областью питания для водоносных горизонтов, распространенных в пределах республики. В составе пород осадочного комплекса сводовой части массива выделяются меловые, палеогеновые, неогеновые и местами только отложения четвертичного возраста с общей их мощностью 150—400 м. На склонах массива, кроме отложений мезозоя и кайнозоя, в строении осадочного покрова принимают участие древнейшие комплексы пород белорусской серии (верхний протерозой), а также нижнего и среднего кембрия, ордовика, силура и девона. Мощность всего комплекса отложений в пределах этой части Белорусского массива достигает 650—900 м. В пределах впадин, окаймляющих массив со всех сторон (на северо-востоке Оршанская, на юго-западе Брестская, на северо-западе — Прибалтийская и на юге — Припятская), мощность осадочных толщ неодинакова и колеблется от 1000—1500 (Оршанская) до 2000—5000 м и более (Припятская впадина).

Водоносные горизонты, распространенные в пределах центральной части Белорусского массива в толще коренных и четвертичных отложений, содержат пресные воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типа с общей минерализацией 0,20—0,40 г/л. Зона пресных вод в этом районе имеет мощность до 400 м и более (рис. 17). Она не только располагается в комплексе осадочных пород, но и захватывает верхнюю трещиноватую толщу пород кристаллического фундамента (Новогрудок, Мосты, Щучин, Конюхи и др.) на глубину до 100 м и более.

На карте гидрогеологических районов Белоруссии (прилож. 2) выделяется район, в пределах которого распространены только пресные воды в толще коренных и четвертичных отложений. Он захватывает в основном площадь неглубокого залегания пород фундамента на Белорусском массиве.

На востоке граница этого района проходит вблизи г. Ракова, далее на Дзержинск, западнее Слуцка, Микашевичи, на севере между городами Молодченко—Вилейка, на западе около г. Гродно. Южная граница проходит вблизи г. Коссово, г. Ганцевичи.

Гидродинамические уровни, характер и направление подземного стока в зоне активного водообмена в пределах территории республики подробно рассмотрены А. П. Лавровым в II гл. (см. стр. 19).

На склонах Белорусского массива мощность осадочных пород увеличивается до 500 м и более. Подземные воды образуют здесь две гидрохимические зоны — зону пресных гидрокарбонатно-кальциево-магневых вод и зону минерализованных хлоридно-натриевых вод.

Зона пресных вод с общей минерализацией 0,2—0,4 г/л приурочена к верхней промытой части осадочного покрова. В отложениях нижнего кембрия и верхнего протерозоя весьма часто содержатся воды гидрокарбонатно-натриевого типа, формирующиеся за счет обменных реакций, в процессе которых происходит замещение ионов кальция ионами натрия.

В ряде районов, где эксплуатируются воды кембрийских отложений, отмечено повышенное содержание фтора (до 4 мг/л). В районе Минска содержание фтора в воде достигает 0,5—4 мг/л. Зона минерализованных хлоридно-натриевых вод приурочена к нижней зоне осадоч-

ного покрова, сложенного слабопромытыми отложениями верхнего протерозоя.

Общая минерализация хлоридно-натриевых вод увеличивается с глубиной и колеблется от 2 до 8 г/л в верхней части, до 15—22 г/л и более в нижней (Минск, Бобруйск и др.).

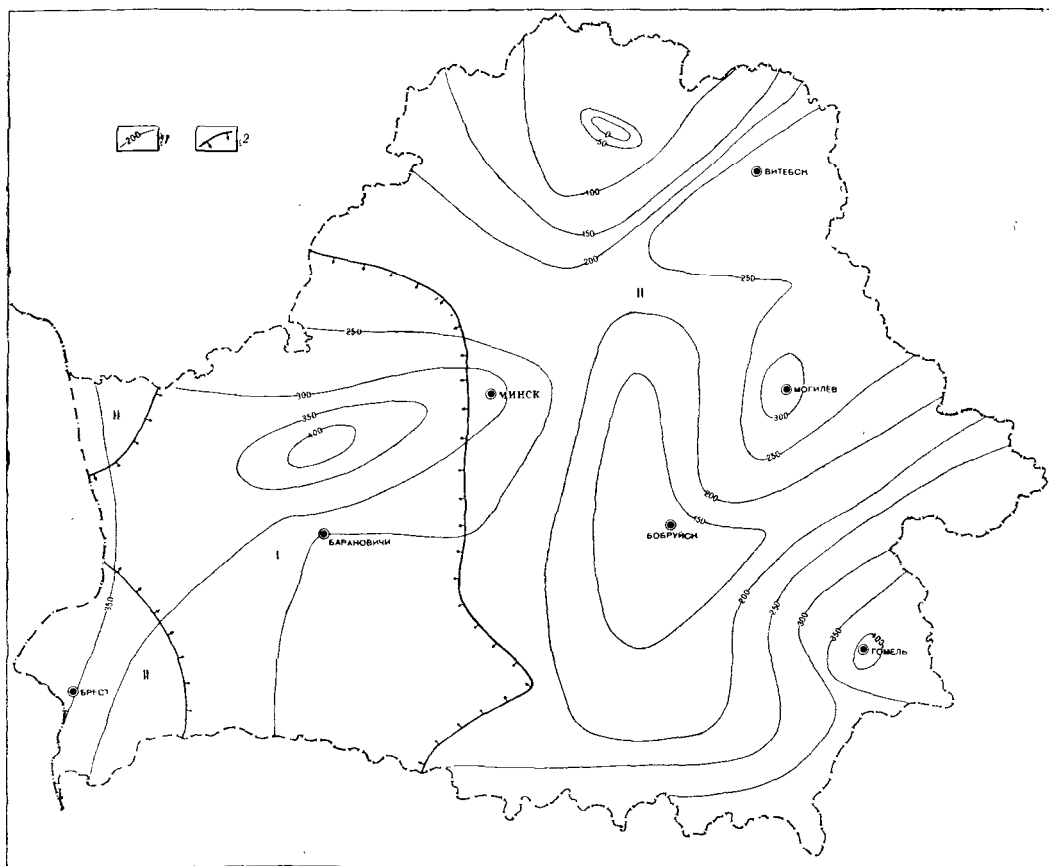


Рис. 17. Схематическая карта подошвы пресных вод на территории БССР, м-ба 1 : 2 500 000. Составили Г. В. Богомолов, М. Ф. Козлов

1 — глубины подошвы пресных вод, м; 2 — контуры площадей, в пределах которых минеральные воды отсутствуют; I — территория распространения преимущественно пресных вод; II — территория распространения пресных и минерализованных вод

В хлоридно-натриевых водах невысокой минерализации (2—8 г/л) отношение $r \frac{Na}{Cl} > 1$, что свидетельствует о нахождении в них не только хлоридов натрия, но и сульфатов натрия.

Воды с повышенной минерализацией (15—22 г/л и более) имеют отношение $r \frac{Na}{Cl} < 1$, указывающее на присутствие в этих водах хлоридов щелочных земель.

Мощность зоны минерализованных вод в пределах склонов Белорусского массива колеблется от 200 до 250 м, при мощности гидрохимической зоны пресных гидрокарбонатных вод с минерализацией 0,2—0,4 г/л от 250 до 300 м (города Минск, Нарочь и др.).

По данным К. И. Лукашева, А. П. Марковой и А. А. Замяткиной (1960), в пресных подземных водах зоны активного водообмена отме-

чено следующее содержание микроэлементов в миллиграммах на литр: брома — $1 \cdot 10^{-7}$ — $1 \cdot 10^{-5}$; йода — $2 \cdot 10^{-8}$ — $3 \cdot 10^{-6}$; стронция $1,4 \cdot 10^{-4}$ — $1,7 \cdot 10^{-3}$ и бора $2,5 \cdot 10^{-4}$ — $1,7 \cdot 10^{-3}$.

В пределах западной части Подмосковского (Оршанского) артезианского бассейна, где кристаллический фундамент залегает на глубинах 1000—1500 м, в толще осадочных пород выделяется три гидрохимические зоны: 1) гидрокарбонатно-кальциевых вод; 2) сульфатно-кальциевых или сульфатно-магниевых вод; 3) хлоридно-натриевых и хлоридно-кальциевых вод.

Минерализация вод в толще осадочных отложений увеличивается с глубиной и достигает 80—120 г/л.

Подземные воды первой зоны приурочены к отложениям четвертичного возраста и породам верхнего и среднего девона (швентойские и тартуские слои). Мощность водовмещающих пород колеблется в пределах 150—250 м. В подземных водах этой зоны отмечается повышенное содержание фтора (до 2,5 г/л).

Сульфатно-кальциево-магниевые воды второй зоны не имеют widespread распространения. Залегают они в пределах зоны активного водообмена и приурочены к загипсованным отложениям среднего девона (наровские слои). Мощность названных отложений не превышает 50—75 м (города Борисов, Толочин, Могилев и др.).

Подземные воды третьей зоны залегают ниже современных базисов эрозии в слабoproмытых толщах нижней части среднего девона нижнего кембрия и верхнего протерозоя. Мощность водовмещающих пород этой гидрохимической зоны достигает 750—1000 м. Отношение

$r = \frac{Na}{Cl} < 1$, что свидетельствует о наличии в водах этой зоны хлоридов щелочных металлов. По сравнению с водами склонов Белорусского гидрогеологического массива подземные воды этого района в зоне распространения хлоридно-натриевых вод содержат повышенное содержание брома (100—150 мг/л), стронция (15—45 мг/л) и других микроэлементов (йод, марганец, литий и др.).

Лабораторные опыты, проведенные М. Я. Яншиной (1962) с обработкой пород водой из скважин Ельска, Нарочи не устанавливают планового засоления пород с увеличением их глубины залегания. На больших глубинах в породах много сульфатов кальция, а в пластовых водах на тех же глубинах сульфатов содержится, как правило, мало. Изучая содержание кальция в подземных водах Минска, Ново-Двинска (соответственно по глубинам 610 и 594 м), М. Я. Яншина установила следующее: в водах с содержанием кальция до 400 мг/л стронция содержится очень мало; в водах с содержанием кальция 400—1000 мг/л количество стронция увеличивается. Там, где общая минерализация воды более 25 г/л, а кальция более 1000 мг/л, содержание стронция достигает 30 мг/л и более. Как правило, стронция содержится больше в подземной воде из карбонатных пород и меньше в водах, заключенных в песчано-глинистых отложениях.

По данным М. С. Яншиной (1962), анализы подземных вод из среднедевонских отложений, взятых из скважин Городка, Ново-Двинска, Орши, Ельска на содержание натрия и калия, показывают, что с увеличением общей концентрации солей, нарастание содержания натрия идет в значительно больших размерах, чем калия. Так, например, в водах с минерализацией до 1 г/л натрия больше, чем калия в 2,5 раза, а в водах с минерализацией более 20 г/л отношение натрия к калию превышает 100.

Как отмечает М. А. Гатальский (1963), вся сложная гамма высококонцентрированных рассолов южной части БССР в основном обра-

зовалась за счет выщелачивания галогенных толщ. Как правило, в рассолах растворены углекисло-азотные газы, содержащие большое количество углекислоты (до 41%) и незначительное количество углеводородов. В некоторых скважинах (Ельск 7-Р и 17-Р) выделяющиеся газы содержали 65% углеводородов и 31% кислотных, в том числе и сероводород. По данным названного исследователя, в подземных водах ельских скважин содержание углеводородов в свободно выделяющихся газах уменьшается до 10—15%, а количество кислотных газов возрастает до 74—83%.

М. А. Гатальский указывает, что повышенное содержание аммония в воде ельских скважин (до 5216 мг/л) связано с разрушением нефтяных залежей. Высокое содержание в воде глубоких водоносных горизонтов брома и йода в некоторых структурах южной части БССР (Первомайская, Стреличево и др.) связано с контурными водами нефтяных месторождений, обогащенных органикой.

В северных районах Белоруссии, расположенных в пределах Латвийской седловины, подземные воды приурочены к коренным отложениям (нижний кембрий, ордовик, средний и верхний девон) и породам четвертичного возраста.

Воды нижнего кембрия (в отложениях воыно-валдайской и балтийской серий) относятся к хлоридно-натриевому типу с общей минерализацией в пределах 25—50 г/л. В направлении на восток минерализация увеличивается до 100 г/л и более. Мощность зоны хлоридно-натриевых вод порядка 175—200 м при глубине их залегания 580—770 м.

Подземные воды, заключенные в ордовикских отложениях, относятся к хлоридно-сульфатно-натриевому типу, при величине общей минерализации в пределах 15—20 г/л. Этот тип подземных вод не имеет выдержанного распространения в пределах северных районов Белоруссии.

По данным М. Ф. Козлова и М. Г. Медведевой (1963), наиболее изученными водоносными горизонтами северных районов Белоруссии являются воды пярнуских, наровских и тартуских отложений среднего девона, циркулирующие в песках, песчаниках различного механического состава, в трещиноватых доломитах и песчаниках (наровский горизонт).

Воды пярнуских отложений относятся к сульфатно-натриево-кальциевому типу с общей минерализацией 12—15 г/л. Мощность этой гидрохимической зоны не превышает 20—25 м.

Воды, заключенные в наровских отложениях, имеют тот же тип, что и в пярнуских, с минерализацией в пределах до 10 г/л.

Водоносный горизонт в тартуских отложениях среднего девона перекрывается глинами нижнешигровского горизонта франского яруса верхнего девона или моренными суглинками березинского оледенения.

По характеру минерализации подземные воды названного горизонта относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниевому типу при общей минерализации 0,2—0,3 г/л.

В долине Зап. Двины в результате подтока минерализованных вод из нижних горизонтов (наровского, пярнуского) подземные воды тартуского горизонта, а в ряде пунктов и четвертичных отложений обогащаются хлоридами, и вода в названных районах из тартуских отложений приобретает смешанный гидрокарбонатно-хлоридно-кальциево-натриево-магниевый тип при величине общей минерализации 0,6 г/л, возрастающей с глубиной.

Воды, заключенные в четвертичных отложениях северной части территории БССР (флювиогляциальные и аллювиальные), как правило, пресные, гидрокарбонатно-кальциевого типа, при величине общей мине-

рализации в пределах 0,25—0,4 г/л. В отдельных районах (Чашники, Ветрино, Полоцк и др.) в воде четвертичных отложений отмечается повышенное содержание органических соединений, железа, метана за счет прослоек погребенных торфяников и поступления вод из более глубоких водоносных горизонтов.

Из приведенных данных видно, что и в данном районе, как и в предыдущем, выделяется три гидрохимические зоны — хлоридная, сульфатная, гидрокарбонатная. Мощность этих зон следующая: хлоридной — 500—600 м; сульфатной — 75—100 м и гидрокарбонатной — 100—125 м и в отдельных пунктах 50—75 м.

В пределах Припятского артезианского бассейна породы кристаллического фундамента погружены на глубину 2000—5000 м. На породах фундамента здесь залегают отложения верхнего протерозоя (белорусская серия), нижнего кембрия (волыно-валдайская серия), среднего девона (живетский ярус), мощная толща верхнего девона (франский, фаменский ярусы), карбона, перми, триаса, юры, мела, палеогена и неогена. Коренные отложения повсеместно перекрываются породами четвертичного возраста средней мощностью 50—75 м. Наибольшую мощность в районе имеют отложения верхнего девона и карбона (2000—2500 м и более).

Четвертичные, неогеновые, палеогеновые, меловые и частично юрские отложения хорошо промыты и содержат пресные воды гидрокарбонатно-кальциевого типа с общей величиной минерализации 0,2—0,4 г/л. Мощность этой зоны 200—250 м. Большие мощности этой зоны наблюдаются в краевых частях бассейна, уменьшаясь в центральной его части в местах пониженного залегания фундамента.

Указанная выше зональность в ряде районов БССР осложняется тектоническими нарушениями. Так, в пределах северной части Припятской впадины (Глуск, Слуцк, Случь и др.) в зону пресных вод внедряются минерализованные воды хлоридно-кальциевого типа с величиной минерализации до 5—10 г/л и более. Подобные условия имеются также на территории между Витебском, Полоцком и Чашниками. В этих районах очень часто минерализованные воды хлоридно-кальциевого типа проникают в четвертичные водоносные горизонты, делая их непригодными для использования в целях водоснабжения. Подробные данные о химическом составе вод приведены М. Ф. Козловым в гл. III (см. стр. 105).

По данным К. И. Лукашева, А. П. Марковой и А. А. Замяткиной (1960), содержание микроэлементов в пресных водах этого района примерно то же, что и в водах из районов Белорусского гидрогеологического массива.

Зона сульфатно-хлоридно-кальциевых вод охватывает нижнюю часть юрских отложений и верхнюю часть триаса при общей ее мощности 150—200 м и величине минерализации подземных вод 2—10 г/л.

В нижней части разреза триаса подземные воды приобретают черты хлоридно-сульфатно-кальциевых вод. Таким образом, нижняя граница сульфатных вод в пределах Припятского артезианского бассейна может быть проведена на глубине порядка 250—350 м от поверхности земли, а подошва пресных гидрокарбонатно-кальциевых вод на глубине около 200—250 м. Из приведенных данных видно, что зона пресных вод в пределах Припятского артезианского бассейна гораздо меньше, чем в районе Белорусского гидрогеологического массива, при большей величине зоны сульфатных вод, которая имеет повсеместное распространение на территории впадины.

Водоносный комплекс карбона, представленный в основном песчаниками, содержит минерализованные воды хлоридно-кальциевого типа.

Минерализация вод каменноугольных отложений в районе г. Наровли на глубине 438—677 м составляет около 150—190 г/л.

В районе Стреличевской структуры хлоридно-кальциевые воды с общей минерализацией 100—200 г/л встречаются на глубине 583—593 м. Мощность водовмещающих пород составляет 345—392 м.

В районе Ельска подземные воды хлоридно-кальциевого типа с общей минерализацией 109—223 г/л встречаются в отложениях карбона на глубине более 700 м при средней их мощности около 500 м.

Подземные воды хлоридно-кальциевого типа более высокой минерализации встречаются в надсолевых отложениях верхнего девона на глубинах 735—1950 м при общей величине минерализации 227—315 г/л и высоком содержании сероводорода и аммония.

В подсолевых отложениях Ельского района (среднего девона — наровских, тартуских и верхнего девона — от нижнешигровских до евлановских включительно) подземные воды хлоридно-кальциево-натриевые с минерализацией более 400 г/л встречаются на глубинах 1970—2752 м (район Стреличевской структуры). В воде подсолевых отложений отмечается повышенное содержание брома (3821 мг/л — Петриково-Шестовичская структура, бора $2,2 \cdot 10^{-5}$ — $4 \cdot 10^{-2}$ мг/л) и йода (26 мг/л — Стреличево).

Таким образом, зона хлоридно-кальциевых вод высокой минерализации 100—450 г/л имеет мощность свыше 1000—1500 м. Промышленное и лечебное значение сульфатных и хлоридно-кальциевых вод для БССР огромное. Характеристика этих вод дается М. Ф. Козловым и Л. К. Берзиной в главах VI и VII.

В пределах Брестского артезианского бассейна данных о гидрохимической зональности подземных вод гораздо меньше, чем по остальной части территории БССР. Здесь распространены подземные воды четвертичных, неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских, триасовых, пермских, силурийских, ордовикских и кембрийских отложений.

Пресные подземные воды в отложениях белорусской серии с минерализацией 0,2—0,4 г/л получены в районе городов Пинска, Лунина при мощности зоны пресных вод в этих районах, составляющей более 300 м. По направлению на запад и юго-запад от названных пунктов верхнепротерозойский водоносный комплекс залегает на больших глубинах. В Бресте пресную воду получают из верхнемелового горизонта и юрского водоносного комплекса.

Судя по данным бурения, в наиболее глубокой части Брестского артезианского бассейна зона пресных гидрокарбонатных вод с минерализацией 0,2—0,4 г/л прослеживается на глубину более 300 м. Данные разведочного бурения в г. Кобрине позволяют сделать предположения о наличии пресных подземных вод в зоне распространения эффузивных пород волыно-валдайской серии, где они залегают на глубинах более 450 м.

Наличие сульфатных и хлоридно-кальциевых вод в юго-западной части впадины в разрезах поисково-разведочных скважин окончательно не прослеживается, хотя в их существовании никто не сомневается.

В отношении температуры подземных вод территория Белорусской ССР изучена слабо. Наиболее полные данные получены в Припятском артезианском бассейне в связи с поисками нефти и газа. Здесь в пределах отдельных структур (Первомайская площадь и др.) подземные воды с температурой 50—81°С встречаются на глубине 2500—3500 м. По северной, центральной и юго-западной частям территории республики имеются лишь отрывочные данные о температуре подземных вод глу-

боких горизонтов в районе отдельных пунктов (города Дрисса, Минск, Брест).

В указанных пунктах геотермические ступени выражаются следующими величинами: в Дриссе — $67\text{ м}^{\circ}\text{С}$ (общая глубина скважины 560 м, температура на этой глубине $14,6^{\circ}$), в Минске — $50\text{ м}^{\circ}\text{С}$ (глубина 517 м, температура $-16,2^{\circ}$), в Бресте около $30\text{ м}^{\circ}\text{С}$ (глубина 350 м, температура $-11,5^{\circ}$).

Температура в глубоких скважинах Белоруссии измерялась в основном Управлением геологии при СМ БССР. Результаты измерений по отдельным скважинам опубликованы в работах М. Ф. Белякова (1954), Г. В. Богомоллова (1959) и Г. В. Богомоллова и Д. Г. Протасеня (1963).

По данным замеров температуры воды в скважинах, пробуренных на территории республики, наблюдается возрастание ее с глубиной. Это возрастание неодинаково для всей территории ввиду значительных колебаний мощностей различных литологических типов пород, а также глубин залегания кристаллического фундамента, однако наибольшую роль здесь играет изменение плотностей глубинных тепловых потоков. Подсчитанные геотермические ступени на всю глубину скважин, на глубину до 1000 м и на глубину до 500 м от поверхности земли (табл. 49) соответственно изменяются в пределах от 41 до 102, от 26 до 108 и от 23 до 143 $\text{м}^{\circ}\text{С}$, т. е. с уменьшением расчетной глубины диапазон изменений величин геотермических ступеней расширяется. Наименьшие ступени наблюдаются в пределах Припятского артезианского бассейна. Температуры на одних и тех же глубинах также изменяются довольно сильно по площади бассейна, однако основные закономерности этих изменений выделяются достаточно четко (рис. 18). Из схемы видно закономерное возрастание температур в северо-восточном направлении. На крайнем северо-востоке бассейна наблюдаются наибольшие температуры (в скв. 1-Р Первомайской площади на глубине около 3500 м зафиксирована температура $80,8^{\circ}$, на глубинах 2000, 1000 и 500 м соответственно $56,8$; 37 и 28°), что делает этот район наиболее перспективным для получения термальных вод, которые могут быть использованы для теплоснабжения Гомеля. Подобные температуры не только в пределах Припятского артезианского бассейна, но и на всей территории БССР нигде пока больше не отмечены.

В самых верхних частях осадочной толщи температура обычно составляет $7-10^{\circ}$, однако в нескольких скважинах (2-Р Стреличевской площади, 1-Р Червоно-Слободской площади и 10-Р Ельской площади) она меньше среднегодовой температуры воздуха у поверхности земли.

По большинству скважин, где имелись замеры температур, подсчитаны средние геотермические ступени в литологически однородных горизонтах. Для глинистых отложений характерны самые малые ступени, в основном от 9 до $55\text{ м}^{\circ}\text{С}$; для песчаных отложений — большей частью от 40 до $80\text{ м}^{\circ}\text{С}$; для карбонатных пород — от 40 до $120\text{ м}^{\circ}\text{С}$; для пород кристаллического фундамента (в разной степени выветрелые, трещиноватые граниты) ступень определена лишь в одной скв. 1-Р Брагинской площади — $35\text{ м}^{\circ}\text{С}$; для ангидритов ступень также определена только в скв. 2-Р Первомайской площади — $70\text{ м}^{\circ}\text{С}$. Приведенные цифры характерны лишь для участков, где наблюдается плавное возрастание температур с глубиной. Для песчано-глинистых пород в верхних частях осадочной толщи часто наблюдаются аномально большие величины геотермических ступеней — $250\text{ м}^{\circ}\text{С}$ и больше, причем кривая температур при этом образует много перегибов.

В некоторых случаях температура пород с небольшими колебаниями остается почти одинаковой на значительных интервалах глубин как

Таблица 49

**Средние геотермические градиенты и ступени по скважинам,
расположенным в пределах Припятского артезианского бассейна**

Разведочная площадь	Номер скважины	Наибольшая глу- бина взятия, м	Средний по скв. геотермич. гра- диент, °C/100 м	Средний по скв. геотермич. сту- пень, м/°C	Средний градиент на глубину 500 м, °C/100 м	Средняя ступень на глубину 500 м, м/°C	Средний градиент на глубину 1000 м, °C/100 м	Средняя ступень на глубину 1000 м, м/°C
Ельская	10-Р	2052	1,28	78	0,70	143	1,06	94
„	11-Р	2290	0,91	102	0,84	119	0,925	108
„	17-Р	2655	1,33	75	2,18	46	1,61	62
„	19-Р	2679	1,12	88,5	—	—	0,76	132
Восточно-Ельская	16-Р	2200	1,50	95	1,67	60	1,45	69
Наровлянская	2-Р	800	1,39	72	1,68	56	—	—
„	6-Р	2443	1,24	77,5	1,58	63	1,40	71
„	10-Р	2580	1,15	80	—	—	—	—
Кустовницкая	1-Р	2500	1,33	75	1,86	54	1,73	57
Анисимовская	1-Р	1070	1,39	72	1,10	91	1,22	82
Заозерная	3-Р	1424	1,43	70	2,02	49	1,36	73,5
Мозырская опорная	1-Р	2800	1,45	69	2,02	49	1,36	73,5
Давыдовско-Коренев- ская	2-Р	3000	1,43	67	1,30	77	2,12	47
Дудичская	23-К	1148	2,32	43	—	—	2,23	45
Червоно-Слободская	1-Р	1650	1,19	84	1,03	97	1,06	94
Чернинская	1-Р	3500	1,91	52	2,74	36	2,65	38
Брагинская	1-Р	1300	2,32	43	2,50	40	2,12	47
Первомайская	1-Р	3400	2,41	41	4,42	23	3,87	26
„	2-Р	2368	2,32	43	—	—	3,54	28
Стреличевская	2-Р	2550	1,76	57	0,84	19	1,33	74,5
Домановичская опор- ная	1-Р	2720	1,64	61	Нет дан- ных	1	1,70	59

в песчаных, так и в глинистых породах. Например, в скв. 1-Р Чернинской площади температура от верхней точки замера на глубине 137 м до глубины 219 м не повышается, а лишь незначительно колеблется около величины 10°, в скв. 11-Р Ельской площади температура на глубинах от 34 до 139 м колеблется около 8°С.

По глубокой (2460 м) скв. 6 в Наровлянском районе геотермическая ступень — 55 м/°С. В этой скважине выделяется несколько зон, в пределах которых геотермическая ступень имеет различные значения.

Наибольшая величина геотермической ступени в 125 м/°С отмечается в пластах, представленных слоями поваренной соли, залегающих на глубине от 1370 до 2350 м. Зоны с наименьшей величиной геотермической ступени (40—50 м/°С) отмечаются на глубинах 220—270, 1270—1370 и 2350—2440 м.

В основном зоны с малой величиной геотермической ступени приурочены к хорошо проницаемым породам — известнякам и песчаным разностям пород. Для глинистых толщ начиная с глубины 480 и до

1190 м величина ступени колеблется в среднем от 60 до 80 м/°С. В Наровлянской скважине на глубинах 380—440 м отмечается аномальная зона: в интервале 380—440 м температура, судя по термограмме, увеличилась всего на 0,2°С, а на глубине 440—480 м она уменьшилась с 14 до 13,5°С.

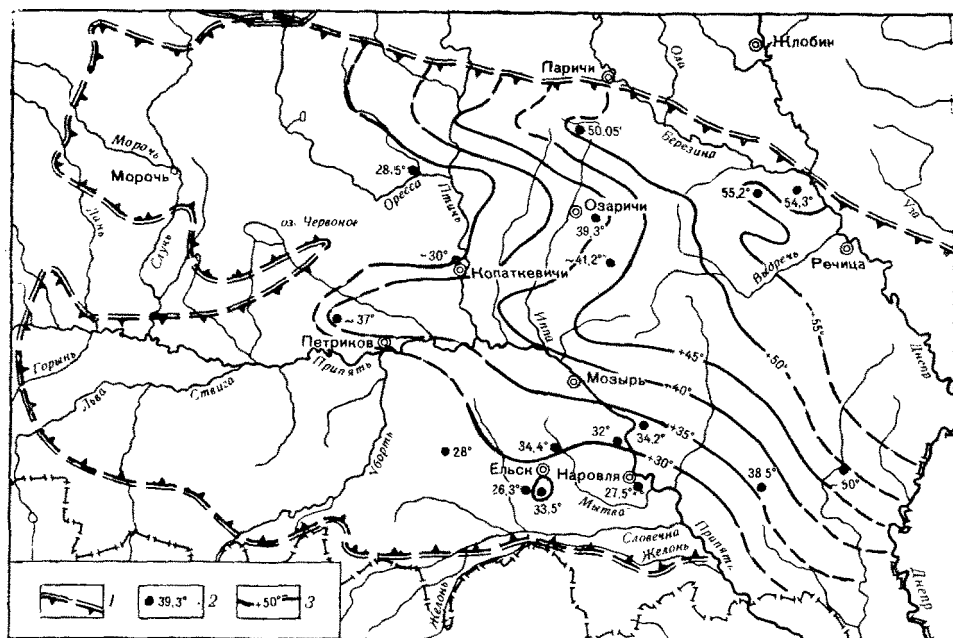


Рис. 18. Схема геонизотерм на глубине 2000 м. Составил Г. В. Богомолов
1 — схематические контуры Припятской впадины; 2 — скважина с данными о температуре на глубине 2000 м; 3 — геонизотермы

В пределах первой зоны находятся хорошо проницаемые породы — известняки с прослоями песчаников и глин. В пределах второй зоны залегают проницаемые пески с прослоями глин.

Геотермические ступени в соленосных отложениях меняются от 30 до 152 м/°С. Для наиболее «чистых» горизонтов каменной соли ступени изменяются от 63 до 152 м/°С. Так как по своим теплофизическим свойствам каменная соль в различных частях бассейна почти не отличается, то различные величины геотермических ступеней вызваны изменением плотностей тепловых потоков. По формуле

$$q = \frac{1}{\gamma \Sigma},$$

где q — плотность теплового потока, γ — геотермическая ступень, Σ — удельное тепловое сопротивление пород, можно приблизительно рассчитать величины плотностей вертикальных составляющих тепловых потоков в каменной соли елецко-лебединских отложений (табл. 50). Они изменяются от $0,61 \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек. Эти величины хорошо совпадают с экспериментальными определениями ряда исследователей (Ф. Н. Берг [и др.], 1956) для различных районов земного шара.

На основании полученных величин можно сказать, что плотности тепловых потоков равномерно возрастают с запада и юга Припятского артезианского бассейна к северо-восточной части и достигают наибольших величин, очевидно, восточнее г. Речицы. Эта закономерность и об-

Т а б л и ц а 50

Величины геотермических ступеней в «чистой» соли
и величины плотности вертикальных составляющих
тепловых потоков

Разведочная площадь	Номер скважины	Геотермиче- ская ступень «чистой» соли м/°С	Плотность тепловых потоков, кал/см ² ·10 ⁻⁶
Наровлянская	6-Р	130	0,71
„	10-Р	144	0,64
Ельская	5-Р	111	0,83
„	10-Р	81	1,14
„	11-Р	113	0,82
„	17-Р	100	0,92
Ельская	19-Р	144	0,64
Восточно-Ельская	16-Р	152	0,61
Кустовническая	1-Р	94	0,92
Анисимовская	1-Р	137	0,63
Дудичская	23-К	76	1,22
Червоно-Слободская	1-Р	88	1,03
Чернинская	1-Р	78	1,18
Старобинская	1-Р	100	0,92
Первомайская	1-Р	71	1,31
„	2-Р	63	1,47
„	3-Р	67	1,39
Давыдовско-Коренев- ская	2-Р	78	1,18
Мозырская опорная	1-Р	111	0,83
Домановичская опор- ная	1-Р	110	0,84
Стреличевская	1-Р	125	0,74
Шестовичско-Петри- ковская	2-Р	111	0,83
Петриковская	6-Р	100	0,92

условила заметное повышение температур и снижение величин геотермических ступеней в этом же направлении. Аномальное повышение плотностей тепловых потоков отмечается и в районе Ельской площади. Не исключено, что такое состояние тепловых потоков обуславливается скоплением нефти и газа.

Сравнение распределения плотностей тепловых потоков и путей движения подземных вод в подсолевом комплексе показывает, что нарастание плотностей тепловых потоков идет по направлениям движения вод; некоторые несовпадения, очевидно, происходят из-за влияния направлений движения вод в межсолевом комплексе.

Наименьшие значения величин тепловых потоков наблюдаются вблизи областей питания, а наибольшие — в местах более глубокого залегания вод нижних комплексов. Аномальное повышение на Ельской структуре соответствует участку, где по гидродинамическим данным ряд водоносных комплексов внутри соли экранирован тектоническими

нарушениями. Здесь же, возможно, частично экранированы водоносные горизонты в подсолевых отложениях. Некоторая экранизация ряда водоносных комплексов предполагается в Калининградской депрессии и на Центральном выступе, где также наблюдается повышение плотностей тепловых потоков. Таким образом, наблюдается обратная зависимость изменения плотностей тепловых потоков от направления и скорости движения вод, а также, очевидно, и от массы воды, двигающейся в нижних комплексах, так как в Шатилковской депрессии и на Червоно-Слободском выступе, где не только меньшая скорость движения, но и меньшая мощность водоносных отложений (отсутствует межсолевой водоносный комплекс), отмечаются более высокие плотности тепловых потоков по сравнению с Копаткевичской депрессией. В верхних частях осадочной толщи после прохождения через большинство водоносных комплексов тепловой поток снижается еще больше.

Тепловые потери по мере приближения теплового потока к поверхности земли происходят в результате переноса тепла подземными водами за счет их большой теплоемкости, а также в результате эндотермических процессов выщелачивания, действующих на пути перемещения водных масс и, вероятно, в несколько раз превышающих эффект аккумуляции тепла за счет теплоемкости поступающих из областей питания относительно холодных инфильтрационных вод.

Общая сложная картина тепловых процессов в Припятском артезианском бассейне тесно связана с гидродинамикой и, вероятно, еще с рядом других, пока не выясненных факторов.

При одинаковых геологических условиях карта равных плотностей тепловых потоков будет в какой-то степени отражать карты изолиний напоров пластовых вод. Это дает возможность путем построения карт плотностей тепловых потоков определять направления этого движения, что играет важную роль при установлении возможных путей миграции и благоприятных мест для накопления залежей нефти и газа. О том, что такая взаимосвязь между гидро- и термодинамикой закономерна вообще для платформенных условий, можно судить по картам равных геотермических ступеней, например, приводимых А. Е. Бабинцом (1957) для территорий Украины и Молдавии, так как ступени в какой-то мере отражают распределение тепловых потоков и обычно уменьшаются по пути перемещения водных потоков.

Приводимые по территории Белоруссии материалы позволяют сделать вывод, что геотермическая ступень неодинакова в различных ее районах. Она изменяется от структурного положения той или иной точки, степени интенсивности циркуляции подземных вод и глубины залегания кровли кристаллических пород. Отмечено, что в тех местах, где кровля кристаллического фундамента залегает высоко, температура подземных вод более низкая, чем на тех же глубинах в структурах синклинального типа.

ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ПАЛЕОГИДРОГЕОЛОГИЯ

Формирование подземных вод — сложный естественноисторический процесс взаимодействия воды и породы, происходящий под влиянием природных и искусственных факторов. На отдельных стадиях развития земли этот процесс взаимодействия воды и породы не являлся постоянным, а изменялся в зависимости от развития геоструктурных форм и активности водообмена. В связи с этим могло быть замещение минерализованных вод пресными с полным замещением вод древних морских бассейнов, заключенных в породах различных геологических формаций.

Поэтому для правильного понимания условий формирования подземных вод той или иной территории необходимо исходить из анализа геологических условий и палеогидрогеологической обстановки, имевших место на отдельных этапах развития земли.

По территории БССР палеогидрогеологические построения стали возможными лишь в последние годы, когда в результате поисково-разведочных, геофизических и гидрогеологических исследований, буровых работ был получен большой фактический материал, характеризующий разрез пород в различных геологических структурах.

Исследованиями установлено, что центральную часть территории республики занимает Белорусский массив, поверхность кристаллических пород в пределах которого находится на глубине 60—300 м от земной поверхности. Сверху он перекрыт осадочными отложениями различного возраста и литологического состава. К востоку от Новогрудка поверхность кристаллических пород понижается до глубины 500 м и более. Эти породы на отдельных участках массива затронуты выветриванием на различную глубину и имеют в ряде случаев повышенную трещиноватость и водоносность.

Белорусский массив на юге в районе Пинск—Микашевичи соединяется узкой перемычкой с Украинским кристаллическим массивом, а в районе городов Гомель, Жлобин, Рогачев — с Воронежским кристаллическим массивом.

К Белорусскому массиву на юге примыкает крупная структура — Припятская впадина, на востоке — Подмосковная котловина (Оршанская впадина), на севере Прибалтийская впадина и на западе — Брестская впадина. В пределах подземного массива и прилегающих к нему районах имеются локальные структуры, осложненные тектоническими нарушениями.

В формировании подземных вод территории БССР принимали участие как седиментационные, так и инфильтрационные воды. Эти два основных генетических типа подземных вод позднее видоизменялись под влиянием процессов взаимодействия воды и породы (на стадиях диагенеза и эпигенеза), динамики подземных потоков, жизнедеятельности организмов, термического режима и других физико-химических факторов. При этом территориальное распределение гидрохимических типов подземных вод в толще осадочных пород в различные геологические периоды зависело от геотектонического развития данной территории. В зависимости от направленности и амплитуды колебаний земной коры происходило вертикальное распределение различных типов вод.

Белорусский массив в течение всего палеозоя и мезозоя представлял собой сушу и обуславливал благоприятные гидродинамические условия для пополнения и промывания отложений палеозоя и мезозоя пресными инфильтрационными водами с полным замещением в них вод древних морских бассейнов.

М. А. Гатальский (1963) указывает, что даже в пределах одной геологической структуры и в разновозрастных отложениях (средний девон), но залегающих на различных глубинах, обусловленных позднейшими тектоническими движениями, минерализация подземных вод в этих отложениях меняется от 0,2 до 392 г/л.

По мнению указанного исследователя, высокоминерализованные рассолы Белоруссии и особенно Полесья имеют предельную концентрацию и сильно метаморфизованы. Они, как правило, на больших глубинах не содержат никаких бактерий. Рассолы в большинстве случаев имеют резко выраженную кислую реакцию.

Условия осадконакопления на территории Белоруссии и прилегающих районов подробно рассматриваются в работах А. С. Махнача и

В верхнем протерозое (время накопления белорусской серии) начинается прогибание юго-западных, центральных и северо-восточных областей Белоруссии (Волыно-Белорусская впадина по А. С. Махначу); осевая часть прогиба простиралась в направлении с юго-запада на северо-восток (см. рис. 19). В образовавшемся бассейне откладывались терригенные отложения (преимущественно песчаники и алевролиты),

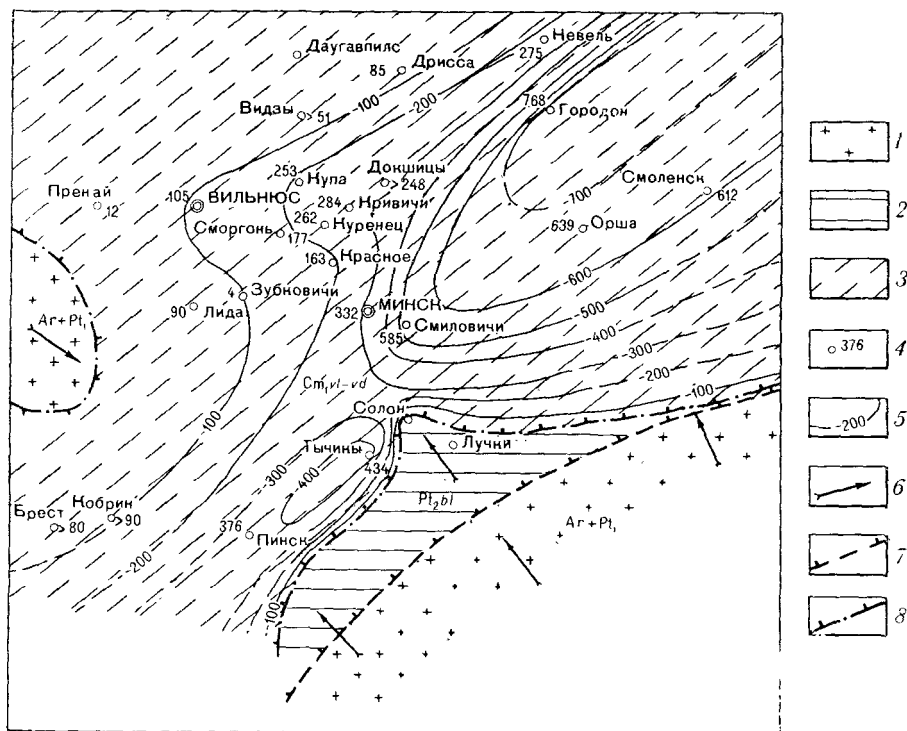


Рис. 20. Схематическая палеогидрогеологическая карта начала раннего кембрия (волыно-валдайское время). Составил Г. В. Богомолов

Области распространения преимущественно минерализованных подземных вод: 1 — в коре выветривания и кристаллических породах фундамента; 2 — в белорусской серии верхнего протерозоя; 3 — область распространения преимущественно пресных подземных вод в отложениях волыно-валдайской серии нижнего кембрия; 4 — скважина (цифра обозначает суммарную мощность белорусских и волыно-валдайских отложений); 5 — изопакиты; 6 — предполагаемое направление стока. Границы распространения: 7 — белорусской серии; 8 — волыно-валдайской серии

максимальная известная мощность которых на описываемой территории достигает примерно 500 м. Судя по характеру отложений, различия в отметках рельефа были незначительные.

В бассейне верхнего протерозоя в донных илах и терригенных осадках накапливались сингенетичные этим отложениям воды. На суше в это время продолжались процессы денудации и накапливались пресные инфильтрационные воды, которые, циркулируя в коре выветривания, обогащались различными легкорастворимыми компонентами. Базисом подземного и поверхностного стока служили пониженные отметки рельефа.

Тектонические движения в раннем кембрии привели к подъему всей территории БССР и перерыву в осадконакоплении. Осадки, выведенные на поверхность, подвергались промыванию пресными инфильтрационными водами. Однако дальнейшее опреснение водоносных горизонтов было нейтрализовано морской трансгрессией, которая захватила почти всю Белоруссию (см. рис. 20).

или менее минерализованных вод в вертикальном разрезе. В самых низах, по-видимому, залежали наиболее метаморфизованные рассолы хлоридно-кальциево-натриевого типа, выше располагались хлоридно-натриевые воды, близкие по составу к воде существовавшего тогда бассейна.

По юго-восточной окраине раннекембрийского бассейна, там, где обнажались породы белорусской серии верхнего протерозоя, последние подвергались промыванию пресными водами, за счет вертикальной и

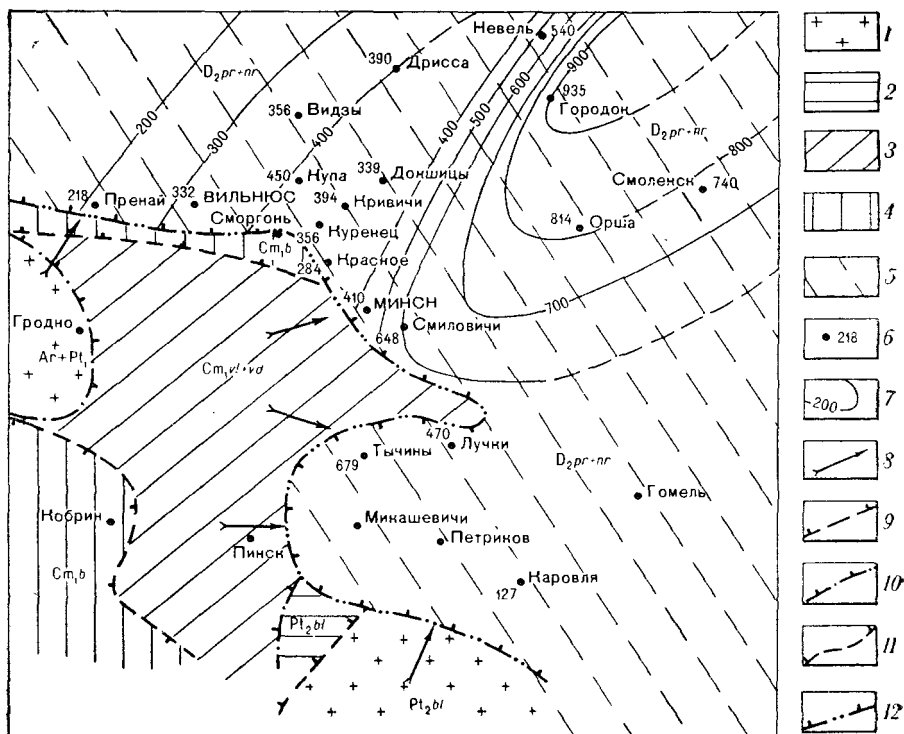


Рис. 22. Схематическая палеогидрогеологическая карта конца наровского времени (средний девон). Составил Г. В. Богомолов

Области распространения преимущественно минерализованных подземных вод: 1 — в коре выветривания и кристаллических породах фундамента; 2 — в белорусской серии верхнего протерозоя; 3 — в воыно-валдайской серии нижнего кембрия; 4 — в балтийской серии нижнего кембрия; 5 — область распространения преимущественно пресных вод в пярнуском и наровском горизонтах среднего девона; 6 — скважина (цифра обозначает мощность осадочного чехла, включая мощность наровского горизонта); 7 — изопакеты; 8 — предполагаемое направление стока. Границы распространения: 9 — белорусской серии; 10 — воыно-валдайской серии; 11 — балтийской серии; 12 — пярнуского и наровского горизонтов

боковой инфильтрации. Вероятно, в пределах этой зоны водоносный горизонт белорусской серии обладал свободной поверхностью и содержал пресные воды. Вблизи береговой линии моря происходило наиболее интенсивное видоизменение инфильтрационных и седиментационных вод за счет их смешения.

На участках древней суши, где на поверхности обнажались кристаллические породы фундамента (см. рис. 20), формировались слабо-минерализованные воды пестрого состава.

Сток воды в период раннего кембрия был более интенсивным, чем в позднем протерозое, так как разница в отметках рельефа суши и базиса стока была более значительной; соответственно увеличился вынос твердых и растворимых продуктов выветривания.

Распространение морских бассейнов в балтийское время существенно отличается от волыно-валдайского: в балтийское время морские условия были характерны только для северо-западной и юго-западной частей Белоруссии (см. рис. 21). Примерно таким же было распределение моря в среднем кембрии, ордовике и силуре «... в каждый из указанных периодов море заходило в северо-западные и юго-западные части Белоруссии» (Махнач, 1958, стр. 164).

Между этими бассейнами располагалось Белорусско-Польское поднятие северо-западного простирания. Б. С. Соколов (1952) указывает, что это поднятие сохранялось на протяжении всего древнего палеозоя (кембрий, ордовик, силур), преграждая связь между морскими бассейнами Прибалтики и Волины. А. С. Махнач (1961) считает, что в отдельные отрезки времени море могло перекрывать это поднятие.

Во второй половине раннего кембрия море оставило территорию Белоруссии; начались процессы денудации и часть отложений была смыта. Перерыв был достаточно длительный, о чем говорит размытая поверхность балтийских отложений и сохранившаяся в ископаемом состоянии каолиново-железистая кора выветривания.

Начало среднего кембрия, ордовика и силура ознаменовалось морскими трансгрессиями. Моря эти носили эпиконтинентальный характер, характеризовались нормальной соленостью и имели примерно одинаковые контуры. Большая часть Белоруссии, за исключением юго-западной ее части, представляла собой сушу. В конце силура на всей описываемой территории устанавливается континентальный режим, который удерживается здесь на протяжении нижнего девона и первой половины среднего девона.

В условиях суши происходило постепенное замещение минерализованных вод древних морских бассейнов пресными водами. Исходя из современных мощностей зоны активного водообмена, можно считать, что за указанный континентальный период (силур, нижний и первая половина среднего девона) пресные воды могли распространиться до глубины около 400 м. Таким образом, накануне среднедевонской трансгрессии на значительной площади центральной части Белоруссии осадочная толща полностью была промыта и содержала пресные или слабоминерализованные воды вплоть до кристаллического фундамента. Это в основном районы Белорусского гидрогеологического массива, которые в дальнейшем не покрывались водами морских бассейнов с соленой водой и на протяжении последующих геологических периодов имели пресные воды. В районах с более мощным осадочным чехлом (Невель, Городок, Смоленск, Орша, Смиловичи, Тычины, Лучки) на протяжении всей истории геологического развития, ниже глубины 300—400 м сохранялись минерализованные воды, первоначальный состав которых значительно изменялся под влиянием геохимических процессов.

Во второй половине среднего девона началось погружение восточной части Белоруссии и к концу наровского времени северо-восток и восточные области были заняты морским бассейном (см. рис. 22); этим начинается новый этап в формировании подземных вод.

Различный тип подземных вод и изменение их общей минерализации в однозначных отложениях среднего девона по глубине залегания в геологических структурах лишний раз подтверждает огромное влияние гидродинамики на формирование различных типов подземных вод в различные периоды развития земной коры.

Данные о химической зональности подземных вод по горизонтали и вертикали приведены в гл. III и в гл. VII.

Как видно из вышеизложенного, древнепалеозойский этап формирования подземных вод Белоруссии представляет собой единый гидрогеологический цикл. Начало этого цикла знаменуется развитием морских трансгрессий в позднем докембрии и в начале раннего кембрия, последовавших после длительного континентального перерыва в протерозое. Во второй половине раннего и в среднем кембрии, ордовике и силуре площади, занятые морем, сокращались и, наконец, цикл закончился новым длительным континентальным перерывом.

Распределение суши и моря в течение нижнего протерозоя позволяет выделить участки, подвергавшиеся наиболее длительное время процессам выветривания и, следовательно, находившиеся в наиболее благоприятных гидродинамических и гидрохимических условиях с точки зрения образования пресных вод.

В течение верхнего девона значительная часть территории Белоруссии являлась сушей, за исключением Припятской впадины и северо-восточных ее районов (Городок, Орша). Одинаковые мощности отложений франского яруса и нижнещитровского горизонта (50—100 м) указывают на сходные условия прогибания северо-восточных и юго-восточных частей территории. На участках суши наблюдалось энергичное выветривание и постепенное замещение минерализованных вод пресными.

В период задонско-елецкого времени граница морского бассейна на северо-востоке располагается за пределами республики. Юго-восточная часть территории продолжает прогибаться, с накоплением в этом районе мощных пластов солей. Поверхностный и подземный сток с территории, занятой сушей, был направлен в сторону Припятского артезианского бассейна. В этот период происходит дальнейшее опреснение подземных вод в пределах районов, занятых сушей.

К концу верхнего девона Припятская впадина окончательно сформировалась в крупную структуру, являвшуюся базисом стока. По отношению Белорусского массива её прогибание в отдельных местах достигало более 3000 м, что сказалось на усилении поверхностного и подземного стока, образовании большого количества рек и опреснении лагунно-морского бассейна к концу данково-лебединского времени.

В течение каменноугольного периода благоприятные климатические условия наблюдались только в области Припятской впадины. В этот период остальная часть территории была сушей с обильной растительностью, на что указывают находки растительных остатков и прослоев угля в турнейских отложениях.

Дальнейшее прогибание Припятской впадины сказывалось на усилении стока и опреснении более глубоких зон, содержащих минерализованные воды.

В течение пермского периода море занимало юго-восточную часть Припятской впадины и юго-западную часть Брестской впадины, где установлены отложения только казанского яруса незначительной мощности. Отмечено, что суммарные мощности пермских отложений в Припятской впадине увеличиваются от ее бортов к центру. Такое изменение мощностей связано с формированием солянокупольных структур, которые образовались еще в карбоне.

В разрезе пород Припятской впадины преобладает глинисто-известняково-ангидритовый тип пород. Встречаются также гипсы. В результате формирования соленосных структур происходили значительные перемещения слабоминерализованных подземных вод, растворение карбонатных пород и образование глубокого карста в девонских и каменноугольных отложениях. Об этом свидетельствуют пустоты и кавер-

ны в карбонатных породах верхнего девона, заполненные кальцитом и другими вторичными образованиями.

На остальной части территории Белоруссии активно протекали процессы денудации с усиленным стоком поверхностных и подземных вод в сторону Припятской впадины. В течение татарского яруса Припятская впадина испытывает дальнейшее погружение, в результате которого в этот район начинают поступать опресненные воды с востока, способствовавшие уменьшению концентрации вод бассейна. Таким образом, на значительной части территории Белоруссии, за исключением юго-восточной части Припятской впадины и юго-западной части Брестской впадины, были промыты все толщи пород на глубину более 400 м.

Триасовые отложения, так же как и породы перми, распространены в юго-восточной части Припятской впадины и юго-западной части Брестской впадины. Они представлены осадками нижнего и верхнего триаса. По данным ряда исследователей, в районе Припятской впадины в этот период существовал лагунный бассейн.

В течение дальнейших геологических периодов структурный план на территории Белоруссии изменялся незначительно. Юрские, меловые, палеоген-неогеновые отложения распространены в южных областях республики. Они в основном представлены морскими отложениями (известняками, мелом, мергелем, глинами, песками). Поднятие северных и центральных районов в неогене обусловили подземный сток в южном направлении и образование карста в верхнемеловых породах. В восточных районах республики карстовые пустоты в указанных отложениях отмечены на 150—200 м ниже местных базисов эрозии. Огромные массы подземных вод, перемещаясь к Припятской и Брестской впадинам, Подмосковной и Прибалтийской мульдам, промыли толщу пород в Белорусском массиве на глубину до 400 м и более, в районе Бреста до 450 м и в районе Гомеля до 400 м. В ряде районов Белорусского массива промыты оказались отложения среднего девона, кембрия, верхнего протерозоя (белорусская серия) и значительная толща трещиноватых пород кристаллического фундамента.

Четвертичный период с огромными толщами ледниковых отложений внес существенные изменения в гидродинамику верхней толщи отложений, когда мощные потоки пресных вод стали внедряться в более древние отложения путем инфильтрации через водопроницаемые породы, а также глубокие промывы, достигающие в южных и юго-восточных районах более 100 м. В результате этого усиливалось накопление пресных вод не только в пределах Белорусского массива и его склонов, но и в районах мульд.

ГЛАВА IV

РЕСУРСЫ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Средняя многолетняя величина питания подземных вод зоны интенсивного водообмена эквивалентна подземному стоку в реки, поэтому величина стока является наиболее объективной характеристикой ресурсов пресных подземных вод. Это та часть подземных вод, которая формируется в результате их постоянного возобновления, происходящего в процессе круговорота влаги на Земле.

Ход возобновления рассматривается нами в зависимости от географических и гидрогеологических особенностей отдельных районов Белоруссии, обеспечивающих различные темпы дренирования водоносных комплексов реками во время и после половодья.

Исходя из таких положений, представляется возможным использовать среднемноголетние значения подземного стока в реки, как исключающие годовые и сезонные их колебания для региональной оценки общих естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена и для их разделения по гидрогеологическим районам, водоносным горизонтам, комплексам и т. д.

Величины среднегодовых, минимальных и максимальных модулей выражают подземный сток в л/сек/км² площади бассейна, т. е. дают абсолютные величины расхода подземного стока. Среднее многолетнее значение годового слоя подземного стока в миллиметрах характеризует питание водоносных горизонтов и комплексов зоны интенсивного водообмена за счет фактической инфильтрации атмосферных осадков (общая инфильтрация за вычетом испарения и транспирации с уровня грунтовых вод). Среднегодовые коэффициенты подземного стока показывают, какая часть выпадающих осадков идет на питание подземных вод, находящихся в сфере дренирующего воздействия речной сети, таким образом она составляет важнейшую для подземных вод водно-балансовую характеристику.

По картам подземного стока, составленным для территории БССР, рассчитываются расходы подземных вод для любых площадей, прежде всего для гидрогеологических районов и подрайонов, а также для административных подразделений республики.

Для этого применяются следующие формулы:

а) по карте среднегодовых модулей

$$Q = 86,4 \cdot M_n F;$$

б) по карте годового слоя подземного стока

$$Q = 2,74 \cdot h_n F;$$

в) по карте среднегодовых коэффициентов

$$Q = 0,03 \cdot K_n X \cdot F,$$

где Q — расход подземных вод с площади F , $\text{м}^3/\text{сутки}$; F — площадь водосбора подземных вод, км^2 ; M_n — среднегодовой модуль подземного стока, л/сек/км^2 ; h_n — слой подземного стока, мм ; K_n — коэффициент подземного стока, $\%$; X — среднемноголетняя годовая величина атмосферных осадков на площади водосбора, мм . Если расходы определять по минимальным (среднемноголетним) модулям подземного стока, то устанавливаются гарантированные величины естественных ресурсов подземных вод на заданной площади.

Характеристика подземного стока, изображенная на схематических картах, раскрывает условия его формирования, свойственные географической зоне, к которой принадлежит БССР, а также влияние местных интразональных особенностей, состоящих из заболоченных пространств (34% всей площади республики), лесов (31%), водораздельных возвышенностей и т. п.

Зональные закономерности подземного стока являются результатом влияния природных факторов, прежде всего климатических факторов, которые по-разному влияют на формирование и характер распределения подземного стока в пределах площади речных бассейнов при изменении геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий в отдельных районах.

За счет инфильтрации атмосферной воды происходит формирование прежде всего ресурсов пресных подземных вод зоны интенсивного водообмена. В условиях Белоруссии интенсивный водообмен через подземный сток в реки видоизменяется в зависимости от структуры водоносных горизонтов и их комплексов, дренируемых речной сетью. Преобладают условия, когда дренируются водоносные горизонты, имеющие гидравлические связи между собой и с реками. В северных речных бассейнах БССР эти горизонты выходят в речные долины в виде многоэтажной водоносной толщи — межморенных и подморенных (мезозойско-палеозойских) горизонтов, а на юге в Полесье в виде одноэтажной толщи — четвертично-неогеново-палеогеново-мезозойской. Принято считать, что в интенсивном водообмене участвуют, главным образом, пресные подземные воды в пределах тех отложений, которые находятся в стадии последнего промывания атмосферными водами; граница зоны интенсивного водообмена проходит на уровне базисов подземного стока в долинах главных рек бассейнов и в море, в результате чего подземные воды всех водоносных горизонтов этой зоны совместно или через вышележащие отложения участвуют в подземном питании рек.

Величины модуля подземного стока закономерно увеличиваются от 2—3 л/сек/км^2 на центральной возвышенной части Белоруссии (Балтийско-Черноморский водораздел) до 4,0—4,5 л/сек/км^2 на северо-западе в бассейне Немана и до 3,5—4,0 л/сек/км^2 на севере в бассейне Зап. Двины; уменьшаются модули до 1,5—1,0 л/сек/км^2 , а на отдельных участках до $<1,0 \text{ л/сек/км}^2$ на юге и юго-востоке в районе Полесской низменности — бассейны Припяти, Мухавца, среднего Днестра и нижнего Сожа. Среднегодовые коэффициенты подземного стока изменяются в тех же направлениях от 20—16 до 8—4% в Полесье.

Уменьшение модулей и коэффициентов подземного стока в Полесье обозначает увеличение процента заболоченности, особенно в местах минимальных летних модулей. Основано это на том положении, что главная роль в формировании подземного (грунтового) стока в бассейнах равнинного типа принадлежит водам метеорного стока (особенно талых снеговых вод), видоизменяющегося в зависимости от процента лесистости, заболоченности, морфологических и литологических особенностей подстилающей поверхности. Можно считать установленным, что торфяные болота мало питают реки, а интенсивно испаряют воду

в атмосферу, особенно когда болота переполнены и насыщены водой. Главную роль в питании водой рек в меженный период играют не торфяные почвы бассейна, а песчаные грунты, особенно на водоразделах, теряющих сравнительно меньше воды на испарение по сравнению с поймами и заболоченными площадями, чему соответствуют большие на них летние модули стока (Лавров, 1961).

Высокие значения модуля подземного стока в верхней части бассейна Вилии, в верховьях притоков Немана — Гавьи, Ислючи, Березины, в верховьях притоков Зап. Двины — Дриссы, Нищи, Свольны, в верховьях притоков Березины, Свислочи, Бобра, Можы, приурочены к участкам, характеризующимся благоприятными условиями инфильтрации значительного количества атмосферных осадков и высокими градиентами гидродинамического потенциала в потоках подземных вод, дренируемых руслами рек. Этому в известной степени способствует более спокойный характер дочетвертичной поверхности на этих участках, благодаря чему здесь нет условий для отвода подземных вод по глубоким палеодренам к долинам главных рек бассейнов.

Выполненные исследования закономерностей подземного стока позволяют производить региональную оценку ресурсов пресных подземных вод территории БССР. Величины, показанные на картах подземного стока, характеризуют суммарный подземный сток в реки из всех водоносных комплексов зоны интенсивного водообмена. По картам и типовым схемам дренирования оценивается долевое участие каждого водоносного комплекса в подземном питании рек.

Оценка естественных ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена производилась по карте распределения средних величин годового слоя подземного стока. Суммарные величины естественных ресурсов даны прежде всего по гидрогеологическим районам и подрайонам дренирования (табл. 51) в виде расходов ($\text{м}^3/\text{сек}$), и по этим расходам в виде средних для каждой площади модулей ($\text{л}/\text{сек}/\text{км}^2$).

Оценка естественных ресурсов подземных вод по отдельным водоносным комплексам дана в пределах каждого района дренирования и суммарно по всей территории Белоруссии (табл. 52). Эта оценка основана на сопоставлении основных гидрогеологических данных об отдельных водоносных комплексах и анализе условий их дренирования реками. Полученные величины естественных ресурсов подземных вод по стратиграфическим подразделениям водоносных отложений обозначают средние годовые (среднегодовое) значения для территории районов и подрайонов, где они распространены, на основании чего даются суммарные характеристики по Белоруссии в целом. Величины естественных ресурсов подземных вод отдельных водоносных комплексов носят пока приближенный характер.

Граница зоны дренирования реками, устанавливаемая по переходу пресных вод в минерализованные, имеет некоторые аномалии на участках сложных гидрогеологических условий (D_{2gv} на севере БССР и т. д.) и в местах подтока минерализованных вод, вовлекаемых на некоторых участках речных долин в сток рек. О локальном значении гидрохимических аномалий сказано в наших работах по подземному стоку (Лавров, 1961, 1963).

Естественные ресурсы подземных вод четвертичных отложений

На территории Белоруссии четвертичные отложения распространены повсеместно, но по общей мощности, количеству водоносных горизонтов и их водообильности отдельные речные бассейны значительно

Таблица 51

Естественные ресурсы подземных вод районов дренирования

Район, подрайон дренирования	Площадь, км ²	Естественные ресурсы, м ³ /сек	Средний модуль, л/сек/км ²
Район I — северный	63 805	174,7	2,8
подрайон I ^A	10 613	36,7	3,4
подрайон I ^B	9 039	25,9	2,9
подрайон I ^B	23 522	63,4	2,7
подрайон I ^Г	20 632	48,7	2,4
Район II — центральный	60 503	156,4	2,6
подрайон II ^A	22 262	67,1	3,0
подрайон II ^B	11 840	28,3	2,4
подрайон II ^B	26 100	61,0	2,3
Район III — южный	82 180	122,1	1,5
подрайон III ^A	11 920	31,4	2,6
подрайон III ^B	8 573	6,8	0,8
подрайон III ^B	19 691	23,2	1,2
подрайон III ^Г	30 423	38,4	1,3
подрайон III ^Д	11 573	22,3	1,9

между собой отличаются. Основные закономерности распределения четвертичных отложений и их обводненности определяются условиями формирования дочетвертичной поверхности, неотектоникой и, следовательно, изменениями в направлении стока в древней (погребенной) и современной речной сети.

Наибольшие мощности четвертичных образований приурочены к водораздельным Балтийско-Черноморским возвышенностям (250—300 м), наименьшие — к южной части Белоруссии (50 м). Основные водоносные горизонты приурочены к межморенным флювиогляциальным пескам; на севере — московско-валдайским, днепровско-московским, в центральной части — днепровско-московским и березинско-днепровским отложениям и на юге в Полесье — березинско-днепровским. Все эти водоносные горизонты, гидравлически связанные между собой и с надморенными аллювиально-флювиогляциальными отложениями, являются основными источниками водоснабжения на большей части территории республики; чаще всего они используются в комплексе с нижележащими дочетвертичными водоносными горизонтами или комплексами.

Четвертичные отложения занимают на территории Белоруссии особое положение, так как они представляют среду наиболее интенсивного водообмена: в четвертичных отложениях происходит возобновление подземных вод через инфильтрацию и конденсацию атмосферных осадков и почти все водоносные комплексы зоны интенсивного водообмена (четвертичные и дочетвертичные) дренируются руслами рек через аллювиальные и флювиогляциальные образования речных долин.

Таблица 52

**Естественные ресурсы подземных вод основных
водоносных горизонтов и комплексов ***

Гидрогеологический район	Геологический возраст водонос. горизонтов и комплексов	Площадь распространения, км ²	Естественные ресурсы, м ³ /сек	Средний модуль, м/сек/км ²
I II III	Q	206 488 63 805 60 503 82 180	168,1 71,5 58,5 38,1	0,8
I II III	N + Pg	80 155 — — 80 155	22,6 — — 22,6	0,3
I II III	Cr ₂ sn + t Cr ₂ cm	141 158 — 58 177 82 180	76,7 — 39,9 36,8	0,5
I II III	I ₃₊₂	49 568 — 7 712 41 856	19,7 — 2,8 16,9	0,4
I II III	D ₃ fr	20 632 20 632 — —	19,5 19,5 — —	0,9
I II III	D ₃₊₂ ^v sv + t	70 254 44 154 26 100 —	53,3 27,4 31,9 —	0,8
I II III	D ₃ nr + pr	53 034 41 194 11 840 —	65,3 56,3 9,0 —	1,2
I II III	Cm ₁ vd	36 561 — 20 028 16 533	22,0 — 14,3 7,7	0,6

* Площади водоносных комплексов определены с учетом их неодинакового распределения в гидрогеологических подрайонах.

Естественные ресурсы подземных вод на всей площади распространения этого комплекса составляют около $168,1 \text{ м}^3/\text{сек}$. Средний модуль подземного стока из четвертичных отложений приблизительно равен $0,8 \text{ л/сек/км}^2$.

Естественные ресурсы подземных вод неогеново-палеогеновых отложений

Неогеново-палеогеновые водоносные отложения распространены в южной части БССР, на площади третьего гидрогеологического района дренирования. Преобладают условия, когда песчаные отложения неоген-палеогена (N+Pg) составляют с четвертичными отложениями одну водоносную толщу, дренируемую реками через аллювиальные отложения террас и пойм.

Воды этих отложений широко используются для водоснабжения, особенно на юге и юго-востоке БССР. Более пестрые по водообильности песчано-глинистые неогеновые отложения мало изменяют условия формирования естественных ресурсов подземных вод этого комплекса, так как они распространены только на отдельных участках третьего (южного) района, на площади $28\,029 \text{ км}^2$, а по долинам рек размыты.

Мощность неоген-палеогеновых водоносных отложений изменяется от 10 до 140 м^* . Суммарные естественные ресурсы на всей площади их распространения, равной $80\,155 \text{ км}^2$, составляют примерно $22,6 \text{ м}^3/\text{сек}$. Средний модуль подземного стока из отложений этого комплекса равен около $0,3 \text{ л/сек/км}^2$. Не учитываются маломощные палеогеновые отложения на площади 1158 км^2 второго района дренирования, естественные ресурсы которых входят в состав четвертичного комплекса.

Естественные ресурсы подземных вод верхнемеловых отложений

В пределах второго гидрогеологического района дренирования, в средней части Белоруссии, водоносные верхнемеловые отложения залегают непосредственно под четвертичными отложениями и составляют вместе с подморенным водоносным горизонтом общий водоносный комплекс. На юге верхнемеловые отложения повсюду расположены под неогеново-палеогеновыми водоносными отложениями, кроме южной части подрайонов III^Б и III^В, где они частично покрыты четвертичными отложениями небольшой мощности.

В верхней части верхнемелового водоносного комплекса запада и востока республики распространен сенон-туронский горизонт мергельно-меловой толщи, в центральной части — лишь туронский. Ниже этих отложений, а иногда под четвертичными горизонтами залегает сеноманский водоносный горизонт. Все эти горизонты гидравлически между собой связаны и не имеют региональных водоупоров ни в кровле, ни в подошве, поэтому дренируются речной сетью или непосредственно (на юго-западе в долинах рек Турья, Лесная и др., на востоке в долинах Сожа, Днепра и др.), или через вышележащие водоносные отложения. Мощность верхнемеловых водоносных отложений на отдельных участках составляет $145\text{—}185 \text{ м}$.

На всей площади их распространения, равной $141\,158 \text{ км}^2$, естественные ресурсы подземных вод составляют около $76,7 \text{ м}^3/\text{сек}$. Средний модуль подземного стока из верхнемеловых отложений равен примерно $0,5 \text{ л/сек/км}^2$.

* Мощности водоносных комплексов взяты с геологических и гидрогеологических профилей.

Естественные ресурсы подземных вод юрских отложений

Юрские водоносные отложения, не имеющие сплошной водоупорной кровли и дренируемые реками, приурочены к трещиноватым известнякам, мергелям и пескам. Площадь их распространения ограничена отдельными участками в западной части второго и третьего гидрогеологических районов дренирования, в бассейнах рек Немана, Буга, Мухавца, Лесной. В восточной половине Белоруссии верхне- и среднеюрские водоносные отложения приурочены к нижней части бассейна Припяти, к средней части бассейна Днепра, Сожа, нижней части бассейна Березины. Мощность юрских отложений, пестрых по составу и неоднородных по водообильности, составляет в западных подрайонах от 10—30 до 80—90 м, а в восточных районах 60—150 м. Важным источником водоснабжения они являются в бассейне Немана, где разведан значительный бассейн юрских напорных вод, а также на юго-западе БССР; часто их использование рассматривается вместе с верхнемеловым водоносным комплексом, с водами которого они гидравлически связаны.

Суммарные естественные ресурсы подземных вод юрского водоносного комплекса на всей площади их распространения 49 568 км² выражаются приближенной величиной 19,7 м³/сек. Средний модуль подземного стока из этих отложений равен около 0,4 л/сек/км².

Естественные ресурсы подземных вод верхнедевонских отложений

Песчаные и карбонатные породы верхнего девона занимают северо-восточную часть БССР, в бассейне Зап. Двины, частично Днепра. Воды этих отложений являются в ряде мест основным источником водоснабжения, тем более, что они гидравлически связаны с среднедевонскими водоносными горизонтами. Средние мощности равны 40—385 м.

Естественные ресурсы подземных вод на всей площади распространения верхнедевонских отложений 20 632 км² составляют примерно 19,5 м³/сек, средний модуль подземного стока из верхнедевонских отложений равен около 0,9 л/сек/км².

Естественные ресурсы подземных вод среднедевонских отложений

Водоносные отложения среднего девона, участвующие в формировании подземного стока в реки, занимают весь север БССР, в бассейне Зап. Двины, частично Березины, средней части Днепра. По литологии и условиям дренирования реками этот водоносный комплекс делится на два горизонта — швентойско-тартуский и наровско-пяркуский (верхняя часть). В северо-восточной части первого района дренирования напорные воды в песках и песчаниках швентойско-тартуского горизонта гидравлически связаны с франским водоносным горизонтом, а также с наровским горизонтом среднего девона, от которого он отделяется на отдельных участках глинами. На значительной территории воды швентойско-тартуского водоносного горизонта являются важным источником водоснабжения, часто в комплексе с водами четвертичных отложений, особенно на севере и северо-востоке БССР. Мощность швентойско-тартуских отложений достигает 110—285 м. Суммарные естественные ресурсы на площади распространения швентойско-тартуских водоносных отложений 70 254 км² составляют примерно

53,3 м³/сек. Средний модуль подземного стока составляет приблизительно 0,8 л/сек/км².

В наровских и условно поднаровских (пярунских) отложениях, залегающих в северо-западной и центральной части Белоруссии непосредственно под четвертичными, а также под верхнемеловыми отложениями, проходит граница между пресными и слабоминерализованными подземными водами. Как источник водоснабжения воды наровского горизонта имеют значение главным образом в этих районах, в то время как в восточной и северной частях распространения девонских карбонатных отложений использование вод этого горизонта исключено, так как они залегают ниже зоны дренирования, следовательно, ниже границы пресных вод.

Общая мощность наровских водоносных отложений колеблется от 40—60 до 160—220 м. Верхняя часть горизонта, содержащая пресные воды, в восточных районах часто не превышает нескольких метров.

Величина естественных ресурсов подземных вод на всей площади распространения наровского горизонта, дренируемого реками, равной 50 034 км², в суммарном выражении составляет около 65,3 м³/сек. Средний модуль подземного стока из этих отложений равен приблизительно 1,2 л/сек/км² (во втором районе 0,3 л/сек/км²).

Естественные ресурсы подземных вод кембрийских отложений

Напорные воды волыно-валдайского водоносного горизонта кембрийских отложений, имеющих на некоторых участках гидравлические связи с водами среднедевонских и верхнемеловых отложений, принимают частичное участие в формировании подземного стока в реки в центральных и юго-западных подрайонах дренирования на площади 36 561 км². Мощность кембрийских отложений, дренируемых реками, составляет от 20—50 до 75—105 м.

Пьезометрические уровни вод кембрийского водоносного горизонта в верхних течениях Припяти, Немана, Щары, Вилии, Свислочи имеют отметки, близкие к отметкам верхних водоносных комплексов, с водами которых они часто гидравлически связаны. В центральной части БССР, в бассейне Свислочи дренируется только верхняя часть кембрийского водоносного горизонта. На значительной площади воды кембрия являются одним из ценных источников водоснабжения, чаще всего вместе с водами четвертичного и верхнемелового водоносных комплексов. На участках погружения кембрия ниже сферы дренирования реками, все воды кембрийских отложений имеют повышенную минерализацию.

Естественные ресурсы пресных подземных вод кембрийских отложений выражаются приблизительно величиной 22,0 м³/сек. Средний модуль подземного стока из кембрийских отложений, которые полностью или частично дренируются реками, равен около 0,6 л/сек/км², на юге в третьем районе дренирования он составляет 0,3—0,5 л/сек/км².

Суммарная величина естественных ресурсов пресных подземных вод территории Белоруссии составляет в первом приближении 453,2 м³/сек или, округленно, 453 м³/сек (14,2 км³ в год), а по более высоким показателям стока 483 м³/сек. Наиболее высокие средние модули подземного стока установлены в подрайонах I^A, I^B, I^B, II^A, III^A (2,6—3,4 л/сек/км²), особенно из четвертичных водоносных отложений 1,1—1,3 л/сек и верхне- и среднедевонских водоносных отложений 0,9—1,4 л/сек/км².

Распределение суммарных естественных ресурсов подземных вод по административным единицам Белоруссии показано в табл. 53.

Таблица 53

Естественные ресурсы подземных вод по областям БССР

Области	Площадь, км ²	Естественные ресурсы, м ³ /сек	Средний модуль, л/сек/км ²
Брестская	33 294	56,4	1,7
Витебская	40 034	109,5	2,7
Гомельская	39 927	63,6	1,6
Гродненская	23 710	58,8	2,5
Минская	40 412	105,4	2,6
Могилевская	28 680	59,4	2,1

Приведенные величины характеризуют среднегодовые (среднемногoletние) естественные ресурсы подземных вод. В течение года величина естественных ресурсов сильно колеблется: то же происходит в различные по влажности периоды лет (от 50—80% до 130—150% от средних многолетних). Установленные на картах величины расхода подземных потоков, дренируемых реками, соответствуют региональной оценке ресурсов пресных подземных вод, составляющих зону интенсивного водообмена.

Для конкретных участков эти величины должны уточняться в соответствии с гидрогеологическими условиями.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАПАСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

При региональной оценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод БССР в расчет приняты пресные воды с хорошими питьевыми качествами и минерализацией до 1 г/л кайнозойских, мезозойских и частично палеозойских отложений. Причем в расчет вошли лишь воды так называемых основных водоносных горизонтов: выдержанных по простирацию и мощности, с хорошими фильтрационными свойствами и достаточной водообильностью.

Водоносные горизонты, содержащие грунтовые, безнапорные воды, невыдержанные по мощности и простирацию при расчете эксплуатационных запасов пресных подземных вод не учитывались, либо принимались в расчет как исключение, на той территории, где более надежные источники водоснабжения отсутствуют.

Воды палеозойских отложений учтены частично (на востоке и северо-востоке республики). В палеозойских отложениях в центре республики также часто содержатся пресные воды. Однако при длительной их эксплуатации возможен приток минерализованных вод, а слабая их изученность не дает оснований считать их надежным источником водоснабжения.

В районе г. Полоцка воды с несколько повышенной минерализацией также в расчет эксплуатационных запасов пресных подземных вод не вошли.

Ввиду наличия тесной гидравлической связи между водоносными горизонтами, распространенными на территории БССР, оценка эксплуатационных запасов подземных вод велась по выделенным водоносным комплексам, объединившим ряд водоносных горизонтов.

Таким образом, соблюдая все вышеперечисленные условия с учетом геологического строения территории Белоруссии, гидрогеологиче-

ских условий, питания, циркуляции, фильтрационных свойств водовмещающих пород, условно выделенные нами для расчетов водоносные горизонты и комплексы распределились по территории следующим образом (рис. 23):

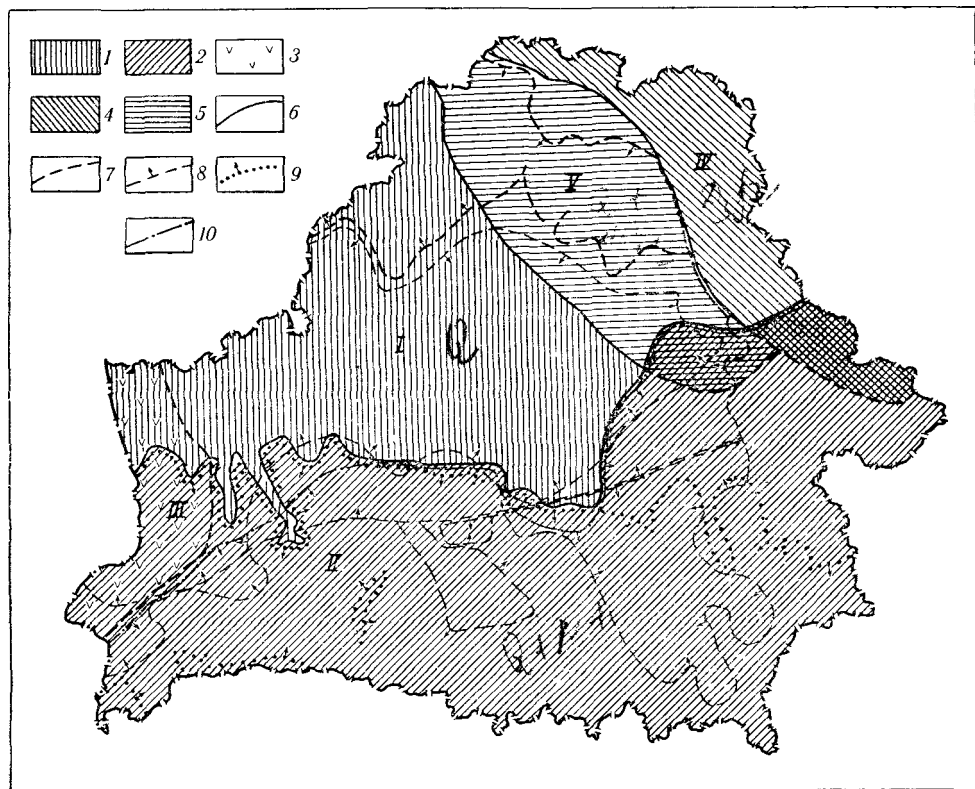


Рис. 23. Карта основных водоносных горизонтов и комплексов. Составили М. Я. Цауне, Р. И. Радзевич

Площади распространения основных водоносных комплексов, принятых при расчете ресурсов пресных подземных вод: 1 — водоносный комплекс четвертичных отложений ($lglQ_{III+II}^v + m$; $lglQ_{II}m + dn$; $lglQ_{II+I}dn + br$); 2 — водоносный комплекс четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых верхне- и среднеюрских отложений ($lglQ_{II}m + dn$; $lglQ_{III+I}dn + br$; $N + Pg$; $Cr_2sn + t$; Cr_2cm ; J_{3+2}); 3 — водоносный комплекс верхнемеловых (сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений (второй от поверхности Cr_2cm ; J_{3+2}); 4 — франкий водоносный комплекс (D_3fr); 5 — водоносный комплекс четвертичных, верхне- и среднедевонских (швертойских и тартуских) отложений ($lglQ_{III+II}^v + m$; $lglQ_{II}m + dn + lglQ_{II+I}dn + br$; $D_{3+2}sv + t$).

Границы распространения основных водоносных комплексов и горизонтов, принятые при расчете эксплуатационных модулей пресных подземных вод: 6 — граница первого от поверхности водоносного комплекса (горизонта); 7 — граница второго от поверхности водоносного комплекса (горизонта); 8 — граница одного из водоносных горизонтов четвертичных отложений, входящих в основные расчетные водоносные комплексы; 9 — граница водоносного комплекса нерасчлененных неогеновых и палеогеновых отложений ($N + Pg$), входящего в основной II водоносный комплекс; 10 — граница водоносного комплекса верхнемеловых (сенон-туронских, сеноманских) отложений ($Cr_2sn + t$; Cr_2cm), входящего в основной II водоносный комплекс. (Бергштрихи направлены в сторону распространения водоносного горизонта или комплекса)

1) в северо-западной и центральной частях БССР выделен водоносный комплекс четвертичных отложений;

2) в южной и юго-западной частях Белоруссии выделен водоносный комплекс четвертичных, неогеновых, палеогеновых (сенон-туронских, сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений;

3) на западе республики, где мергельно-меловая толща слаботрепещиноватая и характеризуется низкой водоотдачей, а поэтому принята

за условный водупор, выделен водоносный комплекс верхнемеловых (сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений;

4) на северо-востоке республики выделен водоносный горизонт карбонатной толщи франского яруса верхнего девона;

5) в северо-восточной части БССР в виде узкой полосы выделена площадь распространения водоносного комплекса четвертичных, верхне- и среднедевонских отложений (швентойский и тартуский горизонты).

Водоносный комплекс четвертичных отложений объединяет три напорных гидравлически связанных между собой водоносных горизонта; валдайско-московских, московско-днепровских и днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений.

Эти водоносные горизонты разделены относительным водупором — моренными супесями и суглинками, не выдержанными по простиранию и мощности. Эксплуатация одного из горизонтов с течением времени сказывается на других. Однако не на всей площади эти водоносные горизонты развиты одновременно. Так, в северной части площади развития I водоносного комплекса распространены межморенные водоносные горизонты валдайско-московских и московско-днепровских флювиогляциальных отложений, несколько южнее неширокой полосой распространен лишь межморенный горизонт московско-днепровских флювиогляциальных отложений, еще южнее отмечено наличие двух горизонтов — московско-днепровских и днепровско-березинских флювиогляциальных отложений.

Водоносные горизонты, входящие в водоносный комплекс четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых (сенон-туронских, сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений, также гидравлически связаны между собой, однако не все они распространены повсеместно по площади выделенного комплекса. Так, водоносные горизонты четвертичных отложений, принятые в расчет, в основном распространены на северной площади развития комплекса, севернее деревень Наровля, Любань, Красная Слобода, Ивацевичи и других, а верхне- и среднеюрских отложений на крайнем западе и юго-западе республики.

Как видно на прилагаемой карте основных водоносных горизонтов и комплексов, в северной части распространения II комплекса первыми от поверхности являются межморенные водоносные горизонты московско-днепровских и, несколько южнее, днепровско-березинских флювиогляциальных отложений. На юге площади распространения этого комплекса первым от поверхности является водоносный комплекс нерасчлененных неогеновых и палеогеновых отложений, а на востоке — верхнемеловых (сенон-туронских) отложений.

На западе республики водоносный комплекс верхнемеловых (сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений является вторым от поверхности. Первым рассчитываемым водоносным комплексом является водоносный комплекс четвертичных отложений. За местный водупор на данной территории, разделяющий эти два комплекса, принята условной слабоводопроницаемая мергельно-меловая толща.

Водоносный горизонт карбонатной толщи франского яруса перекрыт сравнительно маломощной толщей водопроницаемых четвертичных отложений, воды которых не учитывались при расчете эксплуатационных запасов пресных подземных вод.

Пятый водоносный комплекс — четвертичных, верхне- и среднедевонских (швентойских и тартуских) отложений выделен на северо-востоке республики. В него входят три водоносных горизонта четвертичных отложений и один комплекс верхне- и среднедевонских отложений. Из водоносных горизонтов четвертичных отложений сюда входят

межморенные горизонты валдайско-московских, московско-днепровских и днепровско-березинских флювиогляциальных отложений своей восточной и северо-восточной частью площади распространения в Белоруссии.

На крайнем северо-востоке воды четвертичных отложений в расчет эксплуатационных запасов не вошли в связи с их плохим качеством.

На юге, в районе г. Могилева, в описываемый водоносный комплекс вошли лишь воды верхне- и среднедевонских (швентойских и тартуских) отложений, а сам водоносный комплекс является вторым от поверхности. Перекрыт он глинистой толщей юрских отложений, которая изолирует его от первого водоносного комплекса: четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых (сенон-туронских, сеноманских) отложений, — т. е. II водоносного комплекса на карте основных водоносных горизонтов и комплексов.

Оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод велась по методике, разработанной в институте ВСЕГИНГЕО Н. Н. Биндеманом. Согласно этой методике водозаборы в пределах распространения водоносного горизонта размещаются равномерно по площади; области их влияния при этом смыкаются, но практически не перекрываются и не образуют просветов. Такая схематизация является рациональным приемом, позволяющим дать в первом приближении региональную оценку минимальных эксплуатационных запасов водоносного горизонта или комплекса. Расчет производился по сетке условно заложенных водозаборов, расположенных в шахматном порядке с расстоянием между ними в ряду 5 км и между рядами 2,5 км.

Водоносный горизонт делится на систему замкнутых ячеек, как бы отделенных друг от друга непроницаемыми границами. В каждой ячейке по формулам неустановившегося движения определялся расход подземных вод, соответствующий максимально допустимому понижению для заданного срока (50 лет). При этом за единицу эксплуатационных запасов подземных вод принимается модуль эксплуатационных запасов ($M_э$), представляющий собой расход подземных вод, который можно получить с единицы площади распространения водоносного горизонта или комплекса.

Рассчитывался эксплуатационный модуль по формуле

$$M_э = \frac{Q}{\pi R_k^2},$$

где Q — дебит водозабора л/сек; R_k — радиус кругового непроницаемого контура, км. При расчетах выделялись площади, непосредственно гидравлически связанные с рекой и не связанные с ней. При этом критерием служила закономерность изменения величин напоров, водопроводимости пласта и пр.

На площади, гидравлически не связанной с рекой, дебит водозабора, расположенного в ячейке сетки, определялся по формуле Маскета:

$$Q = \frac{2\pi km \cdot S_{\max}}{\ln \frac{0,47R_k}{r_k} + \frac{2at}{R_k^2}} \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где k — коэффициент фильтрации, м/сутки; m — мощность напорного водоносного горизонта, м; $S_{\max}$ — максимально допустимое понижение, м; r_k — радиус «большого колодца», к которому приведен групповой водозабор, м; R_k — радиус кругового непроницаемого контура, м;

a — коэффициент пьезопроводности, $м^2/сутки$; t — время, в течение которого водозабор будет эксплуатироваться с дебитом Q , $м^3/сутки$. Для безнапорных вод дебит водозабора определялся по формуле

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot H \left(1 - \frac{2S}{2H}\right) \cdot S}{\ln \frac{0,47R_k}{r_k} + \frac{2at}{R_k^2}} \text{ } м^3/сутки,$$

где H — мощность грунтового потока, $м$; a — коэффициент урвнеспроводности, $м^3/сутки$. Величина a принималась равной $5 \cdot 10^3$ — $5 \cdot 10^4$. После ряда преобразований формул и замены в них буквенных обозначений цифровыми значениями формулы эксплуатационных модулей приняты вид: 1) для напорных вод при значении $a=5 \cdot 10^3$ и $5 \cdot 10^4$, $M'=0,000013 \cdot k \cdot m \cdot S$ или $M'=0,000013 \text{ } k \cdot m \cdot S$; 2) для безнапорных вод в трещиноватых породах:

$$M' = \frac{0,64kH \left(1 - \frac{S}{2H}\right) S}{a}; \quad a = \frac{k \cdot h_{cp}}{M},$$

где $h_{cp} = H - \frac{S}{2}$;

$$M' = 0,64 \cdot m \cdot S.$$

Для грунтовых вод в песчаных отложениях коэффициент урвнеспроводности a величина относительная, так как водоотдача пласта значительна и формула эксплуатационного модуля при заданных условиях приняла вид

$$M' = \frac{0,64 \cdot k \cdot H \left(1 - \frac{S}{2H}\right) \cdot S}{k \cdot H \cdot \left(1 - \frac{S}{2H}\right) \cdot \frac{505 + \frac{m}{m}}{m}}.$$

При расчете модуля для водоносных пластов, связанных с рекой, полагали, что первый ряд от реки как бы отделен от следующих непроницаемой перегородкой, приуроченной к оси первого ряда. Тогда приток к водозабора бесконечного прибрежного ряда со стороны реки будет равен половине дебита водозабора при двухстороннем питании по формуле Маскета — Лейбензона:

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot m \cdot S}{\ln \frac{l}{\pi \cdot r_k} + \frac{\pi B}{l}} \text{ } м^3/сутки,$$

где B — расстояние ряда от реки, $м$; l — расстояние между водозаборами в ряду, $м$. При $B = \frac{l}{2}$ для напорного потока

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot m \cdot S}{\ln \frac{l}{2\pi r_k} + \frac{\pi}{2}},$$

для безнапорных вод

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot H \left(1 - \frac{S}{2H}\right) \cdot S}{\ln \frac{l}{2\pi r_k} + \frac{\pi}{2}} \text{ } м^3/сутки.$$

Площадь, с которой водозабор получает воду $F = \frac{l^2}{2}$. Тогда при принятой стандартной сетке $l = 5000$ м, $r_k = 10$ м выражение модуля эксплуатационных запасов примет вид:

для напорных вод

$$M'' = \frac{Q}{F} = 0,00048k \cdot m \cdot S \text{ л/сек/км}^2,$$

для безнапорных вод

$$M'' = 0,00048kH \left(1 - \frac{S}{2H}\right) S \text{ л/сек/км}^2.$$

Величина коэффициента пьезопроводности при расчете водоносных комплексов в условиях открытых бассейнов, включающих в себя мергельно-меловую и карбонатную толщи, была принята равной $5 \cdot 10^4$, а во всех остальных случаях равной $5 \cdot 10^3$.

Величина водоотдачи изменялась от 0,2 до 0,008 в зависимости от конкретных условий. При расчете максимального понижения было принято условие, что глубина динамического уровня от поверхности земли не должна превышать 100 м, в соответствии с техническими возможностями наиболее распространенных современных водоотборников.

Допускаясь при расчете максимальное понижение в большинстве случаев было больше величины напора подземных вод над кровлей водоносных горизонтов. Поэтому вначале определялся эксплуатационный модуль при понижении, равном величине напора, а затем определялся модуль для времени, когда начинается осушение водоносного пласта, т. е. в безнапорных условиях. При этом осушение первого от поверхности водоносного горизонта (комплекса) допускалось лишь на 50% мощности его.

Общий модуль для водоносного комплекса равен сумме модулей при сработке напора и осушении пласта.

При расчете эксплуатационных модулей по водоносным комплексам в расчет принималась величина водопроводимости водоносного комплекса, т. е. сумма km водоносных горизонтов, составляющих комплекс, суммарная мощность комплекса и описанные допустимые понижения.

Полученная в результате расчетов величина водопроводимости водоносного комплекса четвертичных отложений колеблется от 420 (г. пос. Браслав — Постава — Мядель) до $74 \text{ м}^2/\text{сутки}$ (р-н г. Новогрудка), преобладающие по площади значения водопроводимости 100—200 $\text{м}^2/\text{сутки}$. Преобладающие величины напоров для этого комплекса составили 10—25 м, а максимально допустимые понижения на востоке комплекса 22—27 м, в северной и западной частях водоносного комплекса 37—42 м.

Расчетами по водоносному комплексу четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых (сенон-туронских, сеноманских), средне- и верхнеюрских отложений получено максимальное значение водопроводимости 1371 $\text{м}^2/\text{сутки}$ в приречной зоне р. Сожа, зоне интенсивного водообмена и значительных мощностей всех водоносных горизонтов и комплексов. Минимальное значение 292 $\text{м}^2/\text{сутки}$ приурочено к районам отсутствия меловых отложений (севернее г. пос. Микашевичи, южнее г. Старобина), где в расчет приняты лишь воды нерасчлененных неогеновых и палеогеновых отложений. На остальной территории водопроводимость водоносного комплекса изменяется от 395 до 903 $\text{м}^2/\text{сутки}$. Величины напоров первых от поверхности водоносных горизонтов, принятые для сработки в процессе эксплуатации, варьируют в широких пределах: от 15 м на севере водоносного комплекса II до 65—85 м на

юге этого водоносного комплекса. Максимально допустимые понижения по площади также изменяются в широких пределах от 15 до 90 м.

Для водоносного комплекса верхнемеловых (сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений величина водопроницаемости принята равной $458 \text{ м}^2/\text{сутки}$, а величина максимального понижения — 100 м в напорных условиях, благодаря большим напорам, изменяющимся от 147,5 до 287,6 м.

По площади распространения водоносного горизонта карбонатной толщи величина водопроницаемости варьирует в широких пределах от 200—300 до $1296 \text{ м}^2/\text{сутки}$, что объясняется, очевидно, различной степенью трещиноватости карбонатной толщи и различной ее мощностью. Напоры подземных вод карбонатной толщи изменяются от 1 до 120 м с преобладанием 30—50 м.

Максимально допустимые понижения, принятые при расчетах, изменяются от 20—25 до 90 м (в районе городов Кричева, Климовичей).

Водопроницаемость водоносного комплекса V в основном находится в пределах от 100—200 до $500\text{—}700 \text{ м}^2/\text{сутки}$. На большей части территории распространения этого водоносного комплекса максимальное понижение при эксплуатации может быть равно 17—37 м. При таких понижениях будет происходить не только сработка напоров, но и осушение верхнего водоносного горизонта на 2—12 м. На северном участке этого водоносного горизонта (к югу от г. Могилева) допустимые понижения приняты равными 75—94 м. При этом в основном будет происходить сработка напоров.

Произведя расчеты по приведенным выше формулам с учетом перечисленных величин водопроницаемости, водоотдачи, понижений, мощностей горизонтов и комплексов, нами были выделены многочисленные участки территории БССР с различными значениями эксплуатационных модулей.

Наиболее близкие по значению эксплуатационные модули подземных вод по различным участкам были средневзвешены по площади и полученная величина модуля была присвоена территории, объединившей эти участки.

Полученные результаты расчетов нанесены на карту прогнозных эксплуатационных запасов пресных подземных вод. Как видно по этой карте, наиболее обеспеченными водой являются центральная, северная и западная части территории республики с эксплуатационными модулями от 3,3 до $3,9 \text{ л/сек/км}^2$.

На западе Белоруссии, в районе городов Лиды, Дятлово, Городище, д. Козловщина, южнее г. Щучина и в центральной части республики в районе городов Минска, Марьиной Горки, Червеня, Крупок, Вилейки, Сморгони, Бегомля, расчетным водоносным комплексом является водоносный комплекс четвертичных отложений. Водовмещающие породы этого комплекса характеризуются высокими фильтрационными свойствами и значительными мощностями. Все водоносные горизонты комплекса напорные, а благоприятные климатические условия республики обеспечивают на большей части территории БССР восполнение эксплуатационных запасов подземных вод. В пределах этой территории может быть обеспечено водоснабжение городов с потребностью в воде 100—500 л/сек. На востоке БССР, в районах городов Городка, Витебска, Орши основным водоносным горизонтом является водоносный горизонт карбонатной толщи франского яруса верхнего девона. Скважины, эксплуатирующие этот водоносный горизонт, характеризуются максимальными дебитами по сравнению со скважинами на остальные водоносные горизонты в пределах Белоруссии. Водовмещающие породы представлены сильнотрещиноватыми, кавернозными известня-

ками значительной мощности. Водоносный горизонт напорный, находящийся в зоне интенсивного водообмена и содержащий воды хорошего питьевого качества. Восполнение запасов подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и вод вышележащих водоносных горизонтов четвертичных отложений. Возможная производительность сосредоточенных водозаборных сооружений в пределах этой территории составляет 1000—300 л/сек, что обеспечит потребность в воде крупных и крупнейших городов.

На остальной территории республики, особенно в пределах расчетного водоносного комплекса четвертичных отложений, а по югу водоносного комплекса четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых, верхне- и среднеюрских отложений преобладают эксплуатационные модули, лежащие в пределах от 2 до 3 л/сек/км².

Минимальными эксплуатационными запасами подземных вод характеризуются территории, расположенные севернее г. Гродно и в г. Новогрудке с эксплуатационными модулями соответственно 0,34 и 0,23 л/сек/км².

В этих районах водовмещающие породы с достаточной водоотдачей либо вовсе отсутствуют, либо весьма не выдержаны как по простиранию, так и в вертикальном разрезе, а геологические условия препятствуют быстрому восполнению запасов подземных вод путем инфильтрации атмосферных осадков, так как в разрезе преобладают моренные супеси и суглинки.

На юго-востоке Белоруссии, в районах городов Чаусы, Славгорода, Чечерска, Костюковичей определена территория с небольшими эксплуатационными запасами пресных подземных вод. Здесь эксплуатационный модуль составляет 1,8 л/сек/км². На этой территории основным водоносным комплексом является мергельно-меловая толща верхнего мела с низкой водоотдачей и слабой, неравномерной по площади трещиноватостью. Приречные зоны рек Днепра и Сожа характеризуются несколько повышенными значениями модулей эксплуатационных запасов подземных вод по сравнению со смежной территорией порядка 2,1—2,3 л/сек/км².

Несколько меньшие эксплуатационные запасы подземных вод отмечены в районах развития болот, где на восстановление этих запасов идет незначительная часть атмосферных осадков. Это район Пинска, район севернее г. Лунина и южнее г. Ляховичи. Модуль эксплуатационных запасов подземных вод составляет здесь 1,9 л/сек/км².

В результате проведенных расчетов по основным горизонтам и комплексам прогнозные эксплуатационные запасы пресных подземных вод по территории Белоруссии (прилож. 5) определились величиной, равной 512 940,7 л/сек, или 44 млн. м³/сутки, что в три раза превышает предполагаемую потребность республики в воде на 1980 г. По водоносному комплексу четвертичных отложений эксплуатационные запасы пресных подземных вод составляют 159 540 л/сек; по водоносному комплексу четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых, верхне- и среднеюрских отложений — 237 016 л/сек; по водоносному комплексу верхнемеловых (сеноманских), верхне- и среднеюрских отложений 5853 л/сек; по водоносному горизонту карбонатной толщи франского яруса верхнего девона — 41 616,2 л/сек; по водоносному комплексу четвертичных отложений, верхне- и среднедевонских (швентойских и тартуских) отложений — 68 915,5 л/сек.

ГЛАВА V

СУЩЕСТВУЮЩЕЕ И ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

На территории Белоруссии наиболее широко используются пресные подземные воды в основном неглубокозалегающих водоносных горизонтов для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения.

Сведения о количестве отбираемых для водоснабжения пресных подземных вод приведены в табл. 54.

Эксплуатационные запасы пресных подземных вод, подсчитанные в 1962—1963 гг. по всей территории республики, составляют около 44 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

По данным института «Гидропроект», потребность Белоруссии в хозяйственно-питьевой и технической воде при полном обеспечении нормальной работы предприятий и водоснабжения населения составила в 1960 г. 2,98 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$, а к 1980 г. она возрастет до 15 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Таким образом, на ближайшие 20 лет балансовые эксплуатационные запасы пресных подземных вод республики превышают ее потребление почти в три раза. Однако распределение этих запасов по площади очень неравномерное. Поэтому обоснование выбора источника водоснабжения крупных водопотребителей должно производиться на базе материалов гидрогеологических съемок в м-бе 1:200 000. С 1959 г. гидрогеологическая съемка в м-бе 1:200 000 производится б. Главгеологией БССР в комплексе с геологической съемкой того же масштаба и сопровождается соответствующим объемом буровых и опытных работ для изучения водоносных горизонтов, залегающих глубже первых от поверхности земли. Материалы этих съемок позволяют выбрать основные для эксплуатации водоносные горизонты. Дальнейшее изучение их должно производиться путем постановки предварительных и детальных гидрогеологических исследований, завершающихся подсчетом эксплуатационных запасов подземных вод по промышленным категориям. Опыт разведки и подсчета эксплуатационных запасов подземных вод, утвержденных ГКЗ по ряду городов БССР, показывает, что принятая последовательность гидрогеологических исследований является наиболее целесообразной.

Наличие сравнительно больших запасов пресных подземных вод на территории БССР объясняется рядом естественных факторов. К ним относится, с одной стороны, широкое развитие на всей территории Белоруссии непосредственно с поверхности довольно мощной толщи хорошо промытых и выщелоченных рыхлых четвертичных и дочетвертичных отложений, преобладание плоского, сравнительно слаборасчлененного рельефа и, с другой стороны, — значительное количество выпадающих атмосферных осадков, составляющих 600—700 мм/г. Выпадение основного количества атмосферных осадков в теплые периоды года создает благоприятные условия для инфильтрации их в рыхлые отложения и систематического пополнения запасов подземных вод.

Таблица 54

Данные использования пресных подземных вод в пределах территории БССР

Административная область	К-во скв., экспл. водоносный горизонт в пред. адм. под- разделения	К-во отбираем. воды, тыс. м³/сутки	Потребление, тыс. м³/сутки		Экспл. запасы подземных вод (по даным региональ- ной оцен- ки), тыс. м³/сутки	Исполь- зование экспл. запасов подземных вод, %
			для технич. целей	для хозяйств.- питьевых целей		
Водоносный комплекс четвертичных отложений						
Витебская	59	14,4	3,0	11,4	1435,6	1,0
Гродненская	445	78,9	10,1	68,8	3697,3	2,13
Минская	1188	382,2	106,1	276,2	8033,7	4,76
Могилевская	31	7,7	0,4	7,3	617,6	1,27
Водоносный комплекс четвертичных, неогеновых, палеогеновых, верхнемеловых (сенон-туронских и сеноманских) и юрских отложений						
Брестская	353	86,5	29,5	57,0	5982,2	1,44
Гродненская	154	31,0	2,7	28,3	1420,3	2,18
Гомельская	917	289,3	46,5	242,8	7129,0	4,06
Минская	101	16,0	8,6	7,4	2121,4	0,75
Могилевская	594	129,3	12,6	116,7	3825,2	3,38
Франский водоносный комплекс						
Витебская	297	167,4	81,0	86,4	3050,6	5,49
Могилевская	223	37,0	8,6	28,4	545,0	6,79
Водоносный комплекс четвертичных, верхне- и среднедевонских (швентойских и тартуских) отложений						
Витебская	218	52,5	25,9	26,6	4532,0	1,16
Минская	74	8,6	—	8,6	792,7	1,09
Могилевская	44	17,3	8,6	8,7	629,5	2,75
Водоносный комплекс верхнемеловых (сеноманских) и юрских отложений						
Гродненская	—	—	—	—	505,7	—

На всей территории Белоруссии с единицы площади отбирается различное количество пресных подземных вод.

В сельскохозяйственном производстве индивидуальные нужды колхозников и сельскохозяйственных рабочих удовлетворяются в основном путем сооружения бытовых колодцев и каптирования родников. Водоснабжение колхозных и совхозных ферм осуществляется обычно одиночными эксплуатационными на воду скважинами.

Бытовыми колодцами эксплуатируются в основном неглубокозалегающие грунтовые воды и значительно реже — межпластовые, обычно с местным напором, воды первого от поверхности земли межморенного водоносного горизонта. Хотя статические запасы грунтовых вод незначительные, отбор необходимого количества подземных вод бытовыми колодцами обеспечивается восполнением, так как эти водозаборные сооружения рассредоточены по площади и поэтому облегчают условия эксплуатации водоносного горизонта. В этом случае каждое водозаборное сооружение имеет свою обеспеченную инфильтрующимися атмосферными осадками зону питания.

Многочисленные одиночные эксплуатационные на воду скважины, пробуренные с целью водоснабжения животноводческих ферм и других отдельных мелких объектов, обычно расположены на территории БССР на расстоянии до 4—5 км и более друг от друга. Этими скважинами, как правило, эксплуатируются первые от поверхности земли достаточно водообильные водоносные горизонты, залегающие ниже горизонта грунтовых вод. Эксплуатационные запасы подземных вод этих водоносных горизонтов превышают отбираемое одиночными скважинами количество воды. Поэтому рассредоточенные по площади одиночные эксплуатационные на воду скважины обеспечены питанием и при рациональном их техническом оборудовании работают бесперебойно в течение всего амортизационного срока эксплуатации.

Более интенсивный отбор пресных подземных вод производится сконцентрированными на ограниченной площади водозаборными скважинами в районе крупных населенных пунктов и промышленных центров.

К сожалению, строгий учет отбираемого количества подземных вод для различных нужд народного хозяйства в целом по республике не производится. По далеко не полным данным, собранным в 1962 г. при региональной оценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод, отбираемое количество воды для целей водоснабжения составляет около 1,296 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Это количество воды является, по-видимому, заниженным, поскольку не все организации, эксплуатирующие одиночные и групповые водозаборные сооружения по территории республики представили Управлению геологии при СМ БССР сведения о производительности эксплуатационных на воду скважин по состоянию на 1962 г.

Тщательный учет отбираемого количества подземных вод на территории Белоруссии необходимо организовать в кратчайший срок. Управлением геологии при СМ БССР в этом направлении уже проделана значительная работа. Так, с 1961 г. по наиболее крупным городам и промышленным центрам республики производится организация наблюдений за режимом пресных подземных вод в нарушенных эксплуатацией условиях. В процессе этих наблюдений собираются сведения об изменении динамических уровней в эксплуатационных скважинах и величине отбора воды из отдельных водозаборных сооружений, а также производится учет отбираемого количества пресных подземных вод для хозяйственно-питьевых целей в целом по городу. Такие наблюдения организованы в 1961 г. в городах Минске, Гомеле, Могилеве, Витебске, Бресте и Барановичах. В этих городах было произведено обследование всех действующих групповых водозаборов, составлены схемы расположения скважин и выбраны скважины для производства режимных наблюдений.

В 1962 г. работы по изучению режима подземных вод на групповых водозаборах были значительно расширены. К концу 1962 г. режимными наблюдениями охвачены водозаборы 16 городов — Минска, Гомеля, Могилева, Витебска, Бреста, Барановичей, Солигорска, Светлогорска, Молодечно, Орши, Речицы, Пинска, Мозыря, Бобруйска, Новогрудка и Слонима.

В 1964 г. запроектировано организовать режимные наблюдения на водозаборах шести городов — Полоцка, Гродно, Борисова, Жлобина, Жодино и Дзержинска.

Сбор данных о режиме работы действующих водозаборных сооружений в районах наиболее крупных городов и промышленных центров республики с интенсивным отбором подземных вод позволит определить эксплуатационные запасы пресных подземных вод, предупредить воз-

возможность истощения эксплуатируемых водоносных горизонтов и экономически наиболее целесообразно решить вопрос хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и предприятий этих крупных населенных пунктов как в настоящем, так и будущем.

Сведения об отбираемом в настоящее время количестве пресных подземных вод и потребность в воде наиболее крупных городов и промышленных центров Белоруссии в перспективе приведены в табл. 55

Таблица 55

**Данные современного отбора и перспективной потребности
в хозяйственно-питьевой воде наиболее крупных городов Белоруссии**

Город	Ориентировочное количество населения, тыс. чел.		Усредненные нормы водопотребления, л/сутки		Отбираем. к-во подзем. вод (производит. водопроводов) в 1962 г., тыс. м ³ /сутки	Потребность в воде, тыс. м ³ /сутки	
	1970 г.	1980 г.	1970 г.	1980 г.		1970 г.	1980 г.
Минск	—	1100	400	—	250,0	450,0	750,0
Барановичи	95	150	400	500	9,6	37,5	89,3
Бобруйск	130	170	400	500	14,0	52,0	92,3
Борисов	80	150	400	500	5,0	29,0	92,0
Брест	100	170	400	500	11,7	45,0	119,2
Витебск	220	300	400	500	43,0	88,0	150,0
Волковыск	45	100	350	500	—	26,5	71,0
Гомель	230	300	400	500	73,5	94,5	211,0
Горки	20	30	350	500	3,0	7,0	15,0
Гродно	120	200	400	500	Речной водозабор	65,0	177,0
Дзержинск	30	80	350	500	—	11,0	33,0
Жлобин	60	140	400	500	—	38,5	216,5
Жодино	30	60	350	500	—	36,5	36,5
Кричев	70	130	400	500	—	11,3	38,0
Лида	50	100	350	500	3,0	19,7	63,8
Могилев	190	270	400	500	32,7	140,0	165,0
Молодечно	50	140	350	500	5,0	33,5	78,0
Новогрудок	15	23	350	450	3,2	5,0	10,0
Орша	100	140	400	500	6,0	52,0	83,5
Пинск	86	150	400	500	20,0	42,0	134,5
Полоцк	80	210	400	500	Речной водозабор	101,0	286,0
Речица	—	—	—	—	2,0	22,8	78,2
Светлогорск	—	—	—	—	—	88,0	139,0
Слоним	20	32	350	450	2,0	8,5	25,2
Слуцк	45	90	350	500	—	12,5	50,0
Солигорск	60	100	400	500	4,0	31,6	54,0

(по данным института «Белгоспроект» и Главного управления коммунального хозяйства при Совете Министров БССР).

Ниже приведена краткая характеристика существующих условий водоснабжения и возможностей обеспечения хозяйственно-питьевой водой наиболее крупных городов республики в перспективе за счет эксплуатации подземных вод.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Минска в настоящее время полностью базируется на использовании подземных вод в основном четвертичных отложений и в незначительной мере нижнекембрийских отложений.

В районе г. Минска толща четвертичных отложений мощностью 104,7—161,0 м сложена водноледниковыми, ледниковыми, аллювиальными, озерно-аллювиальными и болотными отложениями. В зависимости от характера рельефа толща четвертичных отложений обводнена

с глубины от 1—2 до 30 м. Среди обводненных четвертичных отложений 50—60% составляют водноледниковые мелко-, средне- и крупнозернистые пески. Хорошо промытые пески содержат в себе пресные, в основном гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией до 450 мг/л. Сравнительно мощная толща водноледниковых песков разделяется моренными супесями и суглинками березинского, днепровского и московского оледенений, являющимися относительными водоупорами. Однако эти моренные горизонты не имеют повсеместного площадного распространения, часто выклиниваются по простиранию и этим самым создают благоприятные условия для гидравлической связи подземных вод, приуроченных к водноледниковым пескам березинского, днепровского и московского оледенений, а также обуславливают связь подземных вод с поверхностными водотоками. Гидравлическая связь различных водоносных горизонтов четвертичных отложений осуществляется также через песчаные прослои, линзы и гнезда в моренных супесях и суглинках.

В химико-бактериологическом отношении пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды четвертичных отложений соответствуют требованиям, предъявляемым к питьевым водам.

Толща четвертичных отложений к югу от г. Минска подстилается сеноманскими песками мощностью до 15,0 м. К ним приурочены пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды.

Под четвертичными и сеноманскими отложениями залегают глины, доломиты, мергели и песчаники наровского горизонта, среднего девона, содержащие воды с минерализацией до 1,37 г/л. Водообильность их незначительная.

Карбонатно-терригенная толща среднего девона на глубине около 305 м подстилается отложениями гдовского горизонта нижнего кембрия, представленными песчаниками и алевролитами с общей мощностью до 267,0 м. Трещиноватые песчаники водоносные. Верхняя толща нижнекембрийских песчаников мощностью до 84,0 м является хорошо промытой и выщелоченной и содержит в себе пресные, гидрокарбонатно-кальциево-натриевые воды с минерализацией до 500 мг/л. Нижняя часть толщи нижнекембрийских отложений мощностью до 121,0 м залегает в условиях затрудненного водообмена с дневной поверхностью и содержит хлоридно-натриевые воды с минерализацией до 10 г/л.

К нижележащим песчаникам белорусской серии верхнего протерозоя мощностью до 319 м приурочены соленые хлоридно-натриевые воды с минерализацией до 27,25 г/л. Песчаники белорусской серии подстиляются породами кристаллического фундамента.

Эксплуатация подземных вод четвертичных отложений для хозяйственно-питьевых целей с помощью одиночных артезианских колодцев началась еще в начале XX в. В 1902 г. в водопровод г. Минска вода подавалась из пяти артезианских колодцев глубиной несколько десятков метров, суммарный эксплуатационный дебит которых составлял около 400 м³/час. В последующие годы количество водозаборных скважин, эксплуатирующих подземные воды четвертичных отложений, постепенно возрастало. Одиночными водозаборными сооружениями водоснабжение г. Минска осуществлялось до 1932 г., а в последующем для этих целей были сооружены также групповые водозаборы.

В настоящее время в г. Минске действует четыре групповых водозабора — Новинковский, Петровщинский, Зеленовский и Дражненский, расположенные соответственно в северо-западной, юго-западной, северо-восточной и юго-восточной частях города. На территории города имеется также большое количество одиночных скважин и колодцев,

эксплуатирующих в основном подземные воды четвертичных отложений и реже нижнекембрийских отложений.

На всех групповых водозаборах эксплуатируется преимущественно московско-днепровский водоносный горизонт, основные данные по которому приведены в табл. 56.

Таблица 56

**Основные данные по московско-днепровскому водоносному горизонту
на участках групповых водозаборов г. Минска**

Наименование водозаборов	Наименование и механический состав водовмещающих пород	Мощность водовмещающих пород, м		Глубина залегания кровли водовмещающих пород, м		Первоначальная величина напора, м	
		от	до	от	до	от	до
Новинковский	Пески средне-, крупно- и мелкозернистые	14,5	48,2	20,0	39,0	16,0	30,0
Петровщинский	Пески мелко- и среднезернистые	14,0	41,6	29,0	60,0	31,0	67,0
Зеленовский	Пески мелко- и среднезернистые	20,0	40,0	25,0	55,0	15,0	45,0
Дражненский	Пески крупно- и среднезернистые	12,0	49,0	33,0	53,0	23,0	43,0

Новинковский водозабор сооружен в 1932 г. на основании гидрогеологических исследований, проведенных в 1928—1929 гг. изыскательской партией б. Бюро подземных вод ВСНХ СССР (ныне Всесоюзный научно-исследовательский институт ВОДГЕО).

Данный водозабор действует непрерывно на протяжении почти 30 лет, включая и годы Великой отечественной войны.

Эксплуатационные скважины на участке Новинковского водозабора располагаются в несколько разбросанном виде, но в общем водозабор вытянут в линию. Расстояние между скважинами от 160 до 850 м. Среднее расстояние порядка 300—350 м. Длина водозабора около 6,0 км. Глубина эксплуатационных скважин 60,0—82,3 м в среднем она составляет порядка 71,0 м. Производительность скважин, оборудованных сетчатыми и в отдельных случаях каркасными фильтрами диаметром 250—150 мм с гравийной обсыпкой при длине рабочей части 11—12 м, колеблется от 26 до 92 м³/час. Средний дебит одной взаимодействующей скважины составляет 65,0 м³/час при среднем понижении от первоначального пьезометрического уровня, равном 12,4 м.

Средняя величина понижения от восстанавливающегося уровня воды во время прекращения работы одной скважины при продолжающемся отборе воды из других эксплуатационных скважин водозабора в настоящее время составляет 5,3 м. Остальные 7,1 м представляют собой снижение уровня воды в московско-днепровском водоносном горизонте во времени за счет взаимодействия скважин и формирования депрессионной воронки.

Средняя величина производительности всего водозабора из 16 эксплуатационных скважин за период 1955—1961 гг. составляла в среднем 25,8 тыс. м³/сутки.

Анализом наблюдений за режимом работы водозабора по эксплуатационным скважинам и специальному створу режимных скважин на эксплуатируемый горизонт установлено, что образовавшаяся в результате длительной эксплуатации московско-днепровского водонос-

ного горизонта депрессия уже стабилизировалась, т. е. наблюдается установившийся режим работы водозабора. С юга депрессия ограничена р. Свислочью, протекающей в 1,5 км от водозабора. К северу, в сторону водораздела, радиус стабилизировавшейся депрессионной воронки составляет 3,1 км.

Петровщинский водозабор сооружен в 1937 г. на основании гидрогеологических исследований, проведенных в 1935 г. Минской гидрогеологической экспедицией Всесоюзного научно-исследовательского института ВОДГЕО. Этот водозабор эксплуатирует подземные воды на протяжении почти 25 лет. В годы Великой отечественной войны водозабор работал неритмично и не на полную мощность.

Эксплуатационные скважины на Петровщинском водозаборе расположены в одну линию. Расстояние между скважинами — от 230 до 645 м, в среднем оно составляет порядка 335 м. Длина линии водозабора 4,7 км. Глубина скважин 56,5—86,0 м. Средняя глубина скважин составляет 70 м. Производительность скважин колеблется от 22 до 93 м³/час. Средние дебиты скважин, оборудованных каркасно-проволочными фильтрами с двойной гравийной обсыпкой длиной от 10,85 до 20,00 м и диаметром 10—6", составляют 50,0 м³/час при понижении 34,3 м от первоначального пьезометрического уровня.

Величина общего снижения первоначального уровня за счет взаимодействия всех водозаборных скважин и формирования депрессионной воронки составляет 10,2 м. По данным режимных наблюдений в эксплуатационных скважинах установлено, что среднее понижение от восстанавливающегося в настоящее время уровня в одной скважине при работе всех остальных скважин равно 24,1 м. Средняя производительность Петровщинского водозабора из 14 скважин за период 1953—1961 гг. составляла 19,5 тыс. м³/сутки.

Зеленовский водозабор сооружен на основании геолого-гидрогеологических изысканий, проведенных институтом ВОДГЕО в 1935—1937 гг. Строительство водозабора производилось в течение нескольких лет. Первые три эксплуатационные скважины были пробурены здесь в 1951 г.

Зеленовский водозабор является линейным. Длина линии водозабора 4,5 км. Расстояние между скважинами от 170 до 670 м при преобладании 300—400 м. Глубина эксплуатационных скважин 60—80 м, дебит колеблется от 25 до 95 м³/час. Средняя производительность эксплуатационных скважин, оборудованных каркасно-стержневыми фильтрами с проволочной обмоткой и гравийной обсыпкой при длине рабочей части 10,75—18,4 м и диаметре 10—6", составляет 70,0 м³/час. Среднее понижение от первоначального уровня равно 13,8 м. Величина снижения уровня за счет взаимодействия между скважинами и формирования депрессии составляет 6 м. В настоящее время среднее понижение в эксплуатационных скважинах от восстанавливающегося уровня в отключенной скважине при работе всех остальных скважин равно 7,8 м. Общая производительность Зеленовского водозабора из 18 скважин за период с 1958 по 1962 г. составляла 30 тыс. м³/сутки.

Данными наблюдений по эксплуатационным скважинам и створу специальных режимных скважин установлено, что при постоянном водоотборе в 30 тыс. м³/сутки уровень воды на Зеленовском водозаборе снижается в среднем за год на величину 0,5 м. Это свидетельствует о неустановившемся движении подземных вод на участке водозабора.

Драженский водозабор сооружен в 1958 г. по проекту института Белгоспроект на основании геолого-гидрогеологических изысканий, проведенных институтом ВОДГЕО в 1935—1937 гг.

Дражненский водозабор представляет собой линейно расположенный ряд скважин. Расстояния между скважинами 220—440 м, в большинстве случаев 340—350 м. Глубина скважин колеблется от 52 до 90 м. Дебит скважин в среднем равен 75,0 м³/час. Средняя производительность водозабора при 20 действующих скважинах составляет 36,0 тыс. м³/сутки. Среднее понижение от первоначального уровня равно 9,6 м. Величина снижения уровня за счет взаимодействия скважин и формирования депрессии достигает 3,2 м. Режимные наблюдения по эксплуатационным скважинам показывают, что величина снижения уровня продолжает расти во времени. В течение девяти месяцев 1962 г. уровень воды в эксплуатационных скважинах понизился на 0,5 м. Снижение уровня воды в эксплуатационных скважинах при постоянном водоотборе свидетельствует о продолжающемся развитии депрессионной воронки на водозаборе, т. е. движение подземных вод является неустановившимся.

Кроме четырех групповых водозаборов, на территории г. Минска для водоснабжения отдельных промышленных предприятий эксплуатируется 128 одиночных скважин с общей производительностью 96 тыс. м³/сутки. Из них 107 скважин с суммарным дебитом 82 тыс. м³/сутки используют воды четвертичных отложений и 21 скважина с общим дебитом 14 тыс. м³/сутки эксплуатирует гдовский водоносный комплекс.

Учитывая недостаток воды в настоящее время и необеспеченность разведанными запасами подземных вод для дальнейшего развития города, Управлением геологии при СМ БССР в течение 1960—1962 гг. произведены геолого-гидрогеологические исследования на площади в радиусе до 35,0 км вокруг г. Минска.

В результате производства гидрогеологических исследований установлено, что потребность г. Минска в хозяйственно-питьевой воде в настоящее время и в перспективе в количестве 720,0—750,0 тыс. м³/сутки может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод четвертичных отложений.

На основании данных об условиях залегания, водообильности межморенных московско-днепровских водноледниковых песков и качества приуроченных к ним подземных вод в радиусе до 30 км к северу, востоку и югу от г. Минска выделены перспективные участки для строительства групповых водозаборов.

Детальным анализом режима работы действующих групповых водозаборов установлено, что производительность их может быть увеличена за счет увеличения понижения.

Следовательно, водоснабжение г. Минска в дальнейшем должно осуществляться путем увеличения отбора воды существующими групповыми водозаборами и строительства новых водозаборов на выявленных перспективных площадях.

Утвержденные в ГКЗ эксплуатационные запасы подземных вод московско-днепровского водоносного горизонта непосредственно в пределах г. Минска и на прилегающей к нему территории в радиусе до 30 км приведены в табл. 57.

В районе г. Минска к верхней части толщи нижнекембрийских (валдайско-волинских) отложений приурочены незначительные эксплуатационные запасы пресных подземных вод. Водоносный горизонт нижнекембрийских отложений с пресными водами является неперспективным для водоснабжения г. Минска. В связи с большой глубиной его залегания и незначительной водообильностью водовмещающих пород эксплуатационные запасы пресных подземных вод по этому водо-

Т а б л и ц а 57

Эксплуатационные запасы пресных подземных вод
межморенного московско-днепровского водоносного горизонта
в районе г. Минска по состоянию на 1/1 1962 г.

Наименование участков водозаборов	Балансовые эксплуатацион- ные запасы подземных вод, тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$			
	Категории запасов			
	A	B	C ₁	C ₂
Петровщинский	19,5	—	—	—
Новинковский	25,8	14,2	—	—
Зеленовский	30,0	15,0	—	—
Драженский	36,0	28,8	—	—
Ведомственные водозаборы го- рода	—	78,0	—	—
Боровляны	—	—	43,0	—
Богомолвка — Драчково	—	—	45,0	50,0
Вишковищина	—	—	—	105,0
Водопой	—	—	45,0	47,0
Волма	—	—	45,0	32,0
Острова	—	—	45,0	15,0
Фелицианово	—	—	23,0	—
Итого	111,3	136,0	246,0	249,0
Всего	742,3			

носному горизонту не подсчитывались и не представлялись для утверждения их в ГКЗ.

В результате эксплуатации гдовского водоносного комплекса 52 скважинами, расположенными на территории отдельных предприятий и участках групповых водозаборов, за период с 1958 по 1962 г. уровень воды в центре депрессии при отборе 52,1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ понизился на 58—60 м. Формирование такой глубокой депрессии объясняется неблагоприятными условиями восполнения запасов пресных подземных вод этого водоносного комплекса. Прекращение в дальнейшем роста депрессионной воронки может быть достигнуто путем сокращения в пределах территории г. Минска количества скважин, эксплуатирующих гдовский водоносный горизонт.

Для водоснабжения г. Барановичей используются подземные воды дочетвертичных и четвертичных отложений.

В районе г. Барановичи с поверхности залегают московские водноледниковые отложения, представленные в основном среднезернистыми песками с включением гравия и гальки. Ниже залегают днепровские водноледниковые мелко- и среднезернистые пески с прослоями мощностью до 6 м супесей и суглинков. Общая мощность московских и днепровских отложений достигает 50 м. К водноледниковым пескам приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Обычно водовмещающие пески не перекрыты мореной и приуроченные к ним воды являются безнапорными. В местах наличия прослоев моренных супесей и суглинков этот водоносный горизонт обладает небольшим напором. Пьезометрический уровень в скважинах устанавливается на глубинах 10—18 м от поверхности земли. Удельные дебиты их составляют 1,08—19,8 $\text{м}^3/\text{час}$. Обладая значительной водообильностью и удовлетворительным качеством воды, водоносные горизонты московских и днепровских водноледниковых отложений используются одиночными скважинами для водоснабжения г. Барановичей.

Под днепровским водноледниковыми отложениями залегает море-на днепровского оледенения мощностью 28—36 м, представленная супесями и суглинками.

Четвертичные отложения подстилаются палеогеновыми мелкозернистыми, глинистыми песками и глинами, общая мощность которых достигает 50—75 м. Эти пески характеризуются слабой водообильностью и поэтому приуроченные к ним подземные воды для целей водоснабжения не используются.

Ниже залегают сенон-туронские отложения (мергельно-меловая толща) верхнего мела мощностью от 12 до 28 м. Из-за незначительной водообильности водовмещающих пород сенон-туронский водоносный горизонт не эксплуатируется.

Под мергельно-меловой толщей залегают отложения сеноманского яруса. Они имеют повсеместное распространение и представлены мелко- и среднезернистыми, кварцево-глауконитовыми песками. На отдельных участках в районе г. Барановичей сеноманские пески подстилаются юрскими отложениями, представленными выветрелыми известняками, мощность которых достигает 10—15 м. На остальной территории в районе г. Барановичей сеноманские пески подстилаются нижнекембрийскими (валдайско-волинскими) слабосцементированными песчаниками и песками. По данным буровых на воду скважин контакт между сеноманскими песками и нижнекембрийскими песками и рыхлыми песчаниками установить затруднительно. Общая мощность сеноманских и нижнекембрийских отложений составляет 5—58 м. Они залегают на глубине от 164 до 238 м и содержат в себе пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Водоносный горизонт сеноманских и нижнекембрийских отложений напорный. Величина напора достигает 144—218 м. Пьезометрические уровни воды в скважинах устанавливаются на глубинах 15—20 м ниже их устья. По данным опытных откачек дебиты их изменяются от 27 до 90 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 9,7 и 14 м. В связи с высокой водообильностью и хорошим качеством воды водоносный горизонт сеноманских и нижнекембрийских отложений широко эксплуатируется для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Барановичей.

Сеноманские и нижнекембрийские пески и рыхлые песчаники подстилаются алевролитами нижнего кембрия и песчаниками верхнего протерозоя. К трещиноватым песчаникам верхнего протерозоя приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды, но водообильность их, из-за незначительной мощности и слабой трещиноватости, незначительная. Отложения верхнего протерозоя подстилаются породами кристаллического фундамента.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Барановичей в настоящее время осуществляется за счет эксплуатации водоносных горизонтов, приуроченных к сеноманским и нижнекембрийским, а также к днепровским и московским водноледниковым отложениям.

На территории города имеется один групповой водозабор № 1. Он состоит из трех эксплуатационных скважин, расположенных в плане по вершинам треугольника. Они эксплуатируют сеноманский и гдовский водоносные горизонты. Расстояния между скважинами составляют 285—425 м. Глубины их 190—208,5 м. Они оборудованы каркасно-гравийными и проволочными фильтрами с длиной рабочей части 10—23 м. Дебит скважин изменяется в пределах от 70 до 75 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 7 и 10 м. Динамические уровни находятся на глубинах от 22,5 до 30,4 м. При остановке работы отдельных скважин в условиях эксплуатации остальных скважин водозабора пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах 13,4—

22,8 м от поверхности земли. Общая производительность трех эксплуатационных скважин в 1963 г. составляла 9,6 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Таким образом, потребность г. Барановичей в хозяйственно-питьевой воде в настоящее время и в перспективе в количестве 89,3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть удовлетворена за счет эксплуатации водоносного горизонта сеноманских и нижнекембрийских отложений. Перспективными для эксплуатации является также водоносный горизонт московских и днепровских водноледниковых отложений. При эксплуатации этого водоносного горизонта должны быть строго соблюдены зоны санитарной охраны.

Отбор пресных подземных вод из водоносных горизонтов сеноманских и нижнекембрийских, а также четвертичных отложений в количестве 89,3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть обеспечен путем строительства групповых водозаборов на площади в радиусе до 5—7 км от г. Барановичей.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Бобруйска осуществляется за счет подземных вод дочетвертичных отложений.

В районе Бобруйска развитые с поверхности четвертичные отложения достигают мощности 50—60 м.

В долине р. Березины, протекающей через г. Бобруйск, широко распространены современные аллювиальные и древнеаллювиальные пески.

На водораздельных участках четвертичные отложения представлены водноледниковыми и моренными отложениями. Надморенные водноледниковые пески мощностью от нескольких метров до 13 м содержат безнапорные грунтовые воды и обладают незначительной водообильностью. Они подстилаются моренными супесями и суглинками с линзами и невыдержанными по простиранию прослоями песков мощностью до 10 м. Ниже московской морены залегают днепровско-московские водноледниковые, мелко- и среднезернистые, иногда глинистые пески мощностью от 6,4 до 3,4 м. К ним приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Водоносный горизонт залегает на глубине от 4 до 36 м, в среднем 13—15 м от поверхности земли. Ниже залегают моренные и водноледниковые отложения днепровского и березинского оледенений, не имеющие выдержанного площадного распространения. Водноледниковые пески днепровского и березинского оледенений имеют незначительную мощность и обладают незначительной водообильностью. Пьезометрические уровни этого водоносного горизонта устанавливаются на глубине 7—12 м от поверхности земли.

Четвертичные отложения подстилаются неогеновыми и палеогеновыми глинами с прослойками мелко- и тонкозернистых песков, мощностью до 50 м. К прослоям песков приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Водообильность водовмещающих пород незначительная. При откачке из скважин получен дебит 20 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды на 12 м.

Под неогеновыми и палеогеновыми отложениями на глубине от 52 до 92 м залегает мергельно-меловая толща сенон-туронского ярусов верхнего мела, не имеющая повсеместного распространения в районе Бобруйска. Участки размыва мергельно-меловых отложений приурочены, по-видимому, к глубоким врезам древних долин. Средняя мощность мергельно-меловых отложений составляет порядка 4 м. К трещиноватому мелу и мергелям приурочены напорные пресные воды. Водообильность толщи незначительная. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубине 20 м от поверхности земли.

Маломощная сенон-туронская толща повсеместно подстилается сеноманскими песками мелко- и тонкозернистыми, кварцево-глауконитовыми, с прослоями глин. Общая мощность их 4,5—23,9 м. Глубина залегания кровли сеноманских отложений колеблется от 71 до 102 м. В песках содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубине от 4,6 до 25,5 м от поверхности земли. Дебит их по данным откачек, колеблется в пределах от 23,5 до 90 м³/час при понижении уровня соответственно на 17 и 11 м.

Под сеноманскими песками залегает толща отложений живетского яруса среднего девона, представленная переслаивающимися глинами с песками. Мощность их в районе Бобруйска составляет 36—62 м. В прослоях мелкозернистых песков содержатся напорные пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды с сухим остатком до 180 мг/л. Водобилие песков характеризуется дебитами скважин от 38,9 до 51,3 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 27,7 и 17,5 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубине 5,5—6,5 м от поверхности земли.

В нижележащих отложениях среднего девона и нижнего кембрия содержатся солоноватые и соленые воды с минерализацией до 16,15 г/л, которые используются для лечебных целей.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение Бобруйска в настоящее время осуществляется путем эксплуатации двух групповых водозаборов № 1 и № 2, а также многочисленных одиночных скважин отдельных предприятий.

Водозабор № 1 расположен в южной части Бобруйска. Эксплуатационные скважины расположены в линию. Расстояния между скважинами, эксплуатирующими водоносные горизонты сеноманских и среднедевонских отложений, составляют порядка 60 м. Скважины, эксплуатирующие сеноманский водоносный горизонт, расположены на расстоянии 200—300 м. Водозабор № 1 состоит из девяти эксплуатационных скважин, из которых семь эксплуатируют сеноманский водоносный горизонт. Первые две скважины были заложены в 1936—1938 гг. Остальные водозаборные выработки были пробурены за период с 1948 по 1958 г. Глубины скважин колеблются в среднем от 84,5 до 117,4 м. Эксплуатационные скважины оборудованы каркасно-проволочными фильтрами и каркасно-проволочными фильтрами с гравийной обсыпкой. В отдельных скважинах встречаются корзинчатые и сетчатые фильтры. Диаметр фильтров 6, 8, 10 и 12" при длине их рабочей части от 4,5 до 11,7 м. Во всех скважинах, эксплуатирующих сеноманский водоносный горизонт, фильтры находятся в интервале глубин 64,7—102,8 м от поверхности земли. Суммарная производительность семи эксплуатационных скважин составляет 7,7 тыс. м³/сутки.

Две скважины на водозаборе № 1 эксплуатируют подземные воды среднедевонских отложений. Глубины этих скважин 119,63 и 141,0 м. Рабочие части каркасно-проволочных фильтров с гравийной обсыпкой длиной до 11,25 м и диаметром 10—6" находятся в интервале глубин от 107,38 до 118,52 м. Мощность водоносных мелкозернистых песков, залегающих в виде прослоев между глинами, составляет 12,63 и 14,0 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 5,5—6,5 м от поверхности земли. Дебиты эксплуатационных скважин 18,7 и 21,2 м³/час. Суммарная производительность их составляет 1,0 тыс. м³/сутки. Общая производительность водозабора № 1 составляет 8,7 тыс. м³/сутки.

Водозабор № 2 находится на северо-западной окраине Бобруйска. Он состоит из шести скважин, расположенных в линию. Расстояние

между скважинами, эксплуатирующими сеноманский и неоген-палеогеновый водоносные горизонты, составляет около 20 м.

Пять скважин глубиной от 112 до 132 м эксплуатируют сеноманский водоносный горизонт. Расстояние между ними равно 300,0 м. Вскрытая мощность водоносного горизонта составляет 7,0—18,2 м. Все скважины оборудованы каркасно-проволочными фильтрами, в большинстве случаев с гравийной обсыпкой диаметром 8, 6, 7/4 и 6/4" при длине рабочей части их от 7,0 до 14,85 м. Фильтры находятся в интервале глубин 94,85—119,39 м от поверхности земли. Первые две эксплуатационные скважины на участке водозабора были пробурены в 1958—1959 гг., остальные — в 1961 г. Дебиты скважин изменяются в пределах от 17,8 до 43,8 м³/час при понижении в среднем 20,0 м. Перед вводом скважин в эксплуатацию пьезометрические уровни в них находились на глубинах 11,0—29,0 м от поверхности земли. Суммарный дебит пяти скважин составляет 3,5 тыс. м³/сутки.

Одной скважиной, пробуренной на водозаборе № 2, в 1961 г. эксплуатируется неоген-палеогеновый водоносный комплекс. Водовмещающие породы этого водоносного комплекса представлены мелко- и тонкозернистыми песками, вскрытая мощность которых составляет 23,2 м. Скважина глубиной 50 м оборудована каркасно-проволочным фильтром с гравийной обсыпкой диаметром 10/6" в интервале глубин 28,75—39,8 м от поверхности земли. Дебит скважины равен 20 м³/час, или 0,5 тыс. м³/сутки, при понижении уровня на 12 м. Пьезометрический уровень находится на глубине 7 м от поверхности земли.

Общая производительность водозабора № 2 из шести скважин в 1963 г. составляла 4,0 тыс. м³/сутки.

Судя по геолого-гидрогеологическим условиям, перспективная потребность г. Бобруйска в хозяйственно-питьевой воде в количестве 92 тыс. м³/сутки может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод путем строительства новых и расширения действующих групповых водозаборов.

Основным для эксплуатации является сеноманский водоносный горизонт. При производстве гидрогеологических исследований с целью выбора перспективных участков для строительства водозаборов необходимо учитывать возможность выявления высоководообильных аллювиальных отложений, приуроченных к древней погребенной долине р. Березины. Перспективными для выявления водообильных водоносных горизонтов являются также московско-днепровские водноледниковые пески. Поиски подземных вод должны производиться прежде всего вдоль долины р. Березины. При расположении участков водозаборов на расстоянии до нескольких сотен метров от современного русла р. Березины, имеющей значительный расход воды во все времена года, постоянным источником питания эксплуатационных водозаборных скважин могут служить речные воды.

При эксплуатации только сеноманского водоносного горизонта потребное количество хозяйственно-питьевой воды в 92 тыс. м³/сутки может быть получено путем строительства водозаборов на площади в радиусе до 7—9 км вокруг г. Бобруйска. Эта площадь может быть значительно сокращена при условии выявления водообильных водноледниковых и погребенных аллювиальных песков древней долины р. Березины.

Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Борисова в настоящее время являются подземные воды четвертичных отложений.

В районе г. Борисова мощность четвертичных отложений составляет 90—140 м. Они повсеместно подстилаются мощной карбонатно-

терригенной толщей наровского горизонта среднего девона, к которой приурочены минеральные сульфатно-кальциево-магниево-натриевые воды с минерализацией 3—4 г/л.

В долине р. Березины развиты водоносные современные и древние аллювиальные отложения. На водораздельных участках с поверхности залегают водноледниковые пески мощностью до 13,5 м, к которым приурочены грунтовые воды. В основании их лежит морена московского оледенения мощностью до 13 м.

Ниже морены на глубине от 8 до 48 м залегают днепровско-московские водноледниковые мелко-, средне- и крупнозернистые пески, имеющие в районе Борисова и за его пределами широкое распространение. Средняя мощность их составляет 20 м. При откачке из скважин, оборудованных фильтрами, в интервале водоносных днепровско-московских водноледниковых песков получены дебиты от 6,9 до 8,5 м³/час при понижении уровня соответственно на 6 и 1 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах от 6 до 20,5 м.

Водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений подстилается днепровской мореной, мощность которой достигает 12 м. Ниже ее, на глубине от 50 до 70 м залегают березинско-днепровские водноледниковые мелко-, средне- и крупнозернистые водоносные пески мощностью от 0,5 до 26 м. В процессе откачек воды из них дебит скважин составлял 12—14 м³/час при понижении уровня соответственно на 2 и 13 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах от 13 до 18 м. В основании водоносного горизонта залегают березинская морена мощностью от 7 до 42 м, которая подстилается отложениями среднего девона.

Обычно моренные горизонты не имеют выдержанного площадного распространения, часто выклиниваются и тем самым создают благоприятные условия для взаимосвязи подземных вод, приуроченных к четвертичным отложениям.

В четвертичных отложениях содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Грунтовые воды аллювиальных и надморенных водноледниковых отложений часто подвергаются поверхностному загрязнению.

Подземные воды московско-днепровского и днепровско-березинского водоносных горизонтов в химико-бактериологическом отношении отвечают требованиям, предъявляемым к хозяйственно-питьевым водам.

В настоящее время в г. Борисове в городской водопровод централизованно подается 5 тыс. м³/сутки. Кроме того, на территории города имеется около 80 одиночных ведомственных эксплуатационных скважин отдельных предприятий.

Примерно 90% скважин на территории г. Борисова эксплуатируют водоносный горизонт московско-днепровских отложений. Остальные скважины эксплуатируют водоносный горизонт днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений.

Скважины, эксплуатирующие водоносный горизонт московско-днепровских отложений, имеют глубину от 26 до 50 м. Они оборудованы сетчатыми фильтрами нередко с гравийной обсыпкой диаметром 5, 6 и 8" при длине рабочей части их от 5,35 до 14,33 м. Обычно фильтры находятся в интервале глубин от 18,55 до 48 м от поверхности земли. Качество вод этого водоносного горизонта удовлетворительное. Величина сухого остатка воды колеблется от 165 до 235 мг/л, общая жесткость от 1,8 до 3,1 мг·экв, содержание хлора — от 5,5 до 5,8 мг/л, сульфатов — от 6,58 до 8,02 мг/л. По отдельным скважинам наблюдается более высокое содержание указанных компонентов, что можно

объяснить несоблюдением зон санитарной охраны, в связи с чем в эксплуатируемый горизонт вблизи скважины происходит инфильтрация загрязненных поверхностных вод. Так, например, в скважине, пробуренной на территории Горпромкомбината в 1960 г., получена вода с сухим остатком 691 мг/л, общей жесткостью 9,4 мг·экв, содержанием хлора 51,7 мг/л и сульфатов 64,4 мг/л. В скважине, пробуренной в 1963 г. на территории 2-й Советской больницы, получена вода из московско-днепровского водоносного горизонта, сухой остаток которой равен 815 мг/л, общая жесткость 8,1 мг·экв, содержание хлора 101 мг/л и сульфатов 35,75 мг/л. Такое содержание перечисленных компонентов в указанных скважинах указывает на загрязнение воды с поверхности.

Глубины скважин на нижележащий водоносный горизонт днепровско-березинских отложений колеблются в пределах от 65 до 92 м. Они оборудованы сетчатыми фильтрами с гравийной обсыпкой диаметром 4 и 6" при длине рабочей части их от 12,0 до 14,8 м. В эксплуатационных скважинах рабочая часть фильтров находится на глубинах от 58,2 до 90,0 м от поверхности земли. Качество воды водоносного горизонта днепровско-березинских отложений удовлетворительное. В скважине, пробуренной в 1963 г. на территории Гормолзавода и оборудованной фильтром в интервале глубин от 75,2 до 90,0 м, получена вода с величиной сухого остатка 153,0 мг/л, общей жесткостью 2,3 мг·экв, содержанием хлора 10,0 мг/л и сульфатов — 20,6 мг/л.

Приведенная характеристика геолого-гидрогеологических условий и данные по эксплуатации подземных вод четвертичных отложений показывают, что перспективная потребность г. Борисова в хозяйственно-питьевой воде в количестве 92,0 тыс. м³/сутки может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод. Наиболее надежным для этих целей является водоносный горизонт московско-днепровских отложений. Перспективными для целей водоснабжения г. Борисова являются также водоносный горизонт днепровско-березинских отложений и подземные воды аллювиальных отложений древней долины р. Березины.

Потребное количество хозяйственно-питьевых вод в 92,0 тыс. м³/сутки может быть получено путем строительства водозаборов на площади в радиусе до 6—9 км от г. Борисова. Площадь размещения проектируемых водозаборов может быть сокращена при условии, что благоприятные для этих целей участки будут выявлены в долине р. Березины.

В г. Бресте для хозяйственно-питьевого водоснабжения используются подземные воды в основном дочетвертичных отложений. С поверхности здесь повсеместно распространены четвертичные отложения, мощностью 50—70 м. К современным и древним аллювиальным, а также надморенным водноледниковым пескам приурочены грунтовые воды, загрязняемые с поверхности. Мощность водовмещающих песков составляет 4—7 м, водообильность их незначительная.

В основании покровных водноледниковых песков залегает днепровская морена мощностью до 31 м. Ниже ее на глубине от 19,5 до 63,0 м залегают березинско-днепровские водноледниковые, неогеновые и палеогеновые тонко- и разнотекстурные водоносные пески с прослоями глин. Общая мощность этих отложений колеблется от 2 до 41 м. При опытных откачках из одиночных скважин, эксплуатирующих совместно подземные воды березинско-днепровских, неогеновых и палеогеновых отложений, получены дебиты от 0,2 до 10,5 м³/час при понижении уровня соответственно на 20,0 и 5,5 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубине 7—12 м от поверхности земли.

Ниже на глубине от 46 до 101 м залегает сенон-туронский водоносный горизонт. Мощность водовмещающей мергельно-меловой толщи составляет 91—162 м. Воды, приуроченные к этой толще, напорные, пресные, гидрокарбонатно-кальциевые. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается на 3,0—25,6 м ниже их устья. В процессе откачек из скважин на территории г. Бреста получены удельные дебиты от 0,10 до 0,36 м³/час, что свидетельствует о незначительной водообильности этого водоносного горизонта.

Мергельно-меловая толща подстилается сеноманскими водоносными песками мелко- и крупнозернистыми, местами глинистыми, и трещиноватыми песчаниками; вскрытая мощность их составляет 7,0—41,5 м. Глубина залегания напорного водоносного горизонта равна 180—215 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 4,8—19,0 м от поверхности земли. Дебит скважин колеблется от 21,6 до 85,0 м³/час при понижении уровня соответственно на 10 и 6 м.

В основании сеноманского водоносного горизонта в районе г. Бреста на глубине 200—242 м залегают юрские известняки мощностью до 60,6 м, содержащие напорные воды. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 7,0—19,5 м от поверхности земли. Дебит их равен около 30 м³/час при понижении уровня на 3 м. Этот водообильный водоносный горизонт подстилается среднеюрскими водоупорными глинами с прослоями песков, которые залегают на глубине около 300 м. Глубже в палеозойских отложениях содержатся воды, непригодные для водоснабжения из-за повышенной минерализации.

По химико-бактериологическим показателям подземные воды подморенных, верхнемеловых и верхнеюрских отложений соответствуют требованиям, предъявленным к хозяйственно-питьевым водам, за исключением повышенного содержания в воде железа. В процессе эксплуатации установлено, что содержание железа в подземных водах верхнемеловых и верхнеюрских отложений достигает 3,5—3,8 мг/л.

В г. Бресте действуют два групповых водозабора: № 1 «Парк Свободы» и № 2 «Граевка». Кроме того, на территории города имеется большое количество ведомственных одиночных эксплуатационных скважин.

Водозабор № 1 «Парк Свободы» расположен в южной части города на правобережной террасе р. Мухавца. Он состоит из четырех эксплуатационных скважин, которые располагаются по вершинам четырехугольника с расстоянием от 102 до 215 м друг от друга. Этими скважинами эксплуатируются сенон-туронский и сеноманский водоносные горизонты. В скважинах, эксплуатирующих сенон-туронский водоносный горизонт, установлены перфорированные трубы диаметром 8". Сеноманский водоносный горизонт эксплуатируется бесфильтровыми скважинами. Такая конструкция скважин создана путем образования каверны в мелкозернистых сеноманских песках, имеющих устойчивую кровлю из мергельно-меловых пород. Обычно каверны заполнены гравием. Дебит скважин на водозаборе № 1 составляет 30—90 м³/час при понижении уровня соответственно на 4,5—13,0 м. Динамические уровни находятся на глубинах от 24 до 34 м. Пьезометрические уровни в отключенной скважине при работе других водозаборных выработок устанавливаются на глубинах 19—21 м. Суммарный дебит четырех скважин на водозаборе № 1 в 1963 г. составлял 6 тыс. м³/сутки.

Водозабор № 2 «Граевка» расположен на северной окраине г. Бреста. Он включает в себя три эксплуатационные скважины, расположенные в линию с расстояниями 240 и 295 м друг от друга. Бесфильтровыми скважинами эксплуатируется сеноманский водоносный

горизонт. Каверны в мелкозернистых сеноманских песках частично заполнены гравием. Дебит скважин составляет в среднем $78,7 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня на 6,5 м. Динамические уровни в отключенной скважине в условиях работы других скважин устанавливаются на глубине 14 м от поверхности земли. Суммарный дебит трех скважин на водозаборе № 2 в 1963 г. был равен 5,7 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Отбор потребного на перспективу количества воды в 119,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть осуществлен из верхне-среднеюрского и сеноманского водоносных горизонтов путем заложения водозаборов в радиусе до 5,0—8,0 км от г. Бреста.

Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Витебска является франский водоносный комплекс. Водовмещающими породами являются выдержанные по простиранию трещиноватые и кавернозные известняки и доломиты, сильноразрушенные и выщелоченные, мощностью до 42 м. Водоносный комплекс напорный. Величина напора по эксплуатационным скважинам на территории города достигает 40 м. В зависимости от характера рельефа пьезометрические уровни воды в скважинах устанавливаются на глубинах от 0,2 до 40,8 м. Воды этого водоносного комплекса характеризуются хорошим качеством. Сухой остаток их не превышает 603 мг/л , коли-титр, как правило, составляет более 333.

В кровле франского водоносного комплекса залегают четвертичные рыхлые обводненные отложения мощностью 19—68 м.

В долинах рек Зап. Двины и Витьбы карбонатная толща выходит на поверхность, в связи с чем приуроченные к ней подземные воды имеют тесную гидравлическую связь с поверхностными водотоками и дренируются ими. Ниже известняков и доломитов франского яруса залегает терригенная толща среднего и верхнего девона, представленная мелкозернистыми песками с прослоями алевролитов, общей мощностью до 110—130 м. К этим пескам приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды.

Таким образом, водоносные трещиноватые и кавернозные известняки франского яруса залегают в весьма благоприятных гидрогеологических условиях. Приуроченные к ним воды имеют гидравлическую связь с подземными водами вышележащих четвертичных отложений и с поверхностными водотоками рек Зап. Двины, Витьбы и Лучесы, а также с нижележащим швентойско-тартуским водоносным комплексом.

В настоящее время в г. Витебске эксплуатируются три групповых водозабора — водозабор № 1 «Песковатик», № 2 «Марковщина» и № 3 «Витьба». Кроме того, на территории г. Витебска франский водоносный комплекс и частично воды четвертичных отложений эксплуатируются многочисленными одиночными скважинами отдельных предприятий.

Водозабор № 1 «Песковатик» расположен в северной части города на склоне левого коренного берега Зап. Двины и частично в ее пойме. Он состоит из 10 эксплуатационных скважин, расположенных примерно в шахматном порядке. Расстояние между скважинами составляет 50—200 м. Скважины удалены от Зап. Двины на расстояние 40—270 м. Глубины скважин — 30,5—80,5 м, дебиты их составляют 55—162 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды соответственно на 1,35 и 4,38 м. Динамические уровни находятся на глубинах 16,22—20,58 м, а восстановившиеся уровни в отключенной скважине при работе всех остальных скважин — на глубинах 14,87—16,2 м. Суммарный дебит скважин на водозаборе № 1 «Песковатик» составляет 16,0 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Водозабор № 2 «Марковщина» расположен в юго-западной части города на склоне правого коренного берега Зап. Двины. Он состоит из

пяти скважин, расположенных по вершинам неправильного пятиугольника, с расстоянием от 90 до 150 м друг от друга. Расстояние от эксплуатационных скважин до р. Зап. Двины составляет 130—240 м. Глубины скважин колеблются от 38,0 до 63,5 м. Дебиты их составляют 125,0—154,0 м³/час при понижении уровня воды в них соответственно на 1,14 и 3,46 м. Динамические уровни в скважинах находятся на глубинах от 13,42 до 19,47 м, восстановившиеся уровни в отключенной скважине при работе всех остальных скважин водозабора — на глубинах 9,96—18,33 м.

Суммарная производительность всех скважин на водозаборе № 2 «Марковщина» составляет 17 тыс. м³/сутки.

Водозабор № 3 «Витьба» расположен на склоне левого коренного берега р. Витьбы. Расстояния между скважинами, удаленными от р. Витьбы на расстояние 50—250 м, колеблются от 175 до 340 м. Дебиты скважин изменяются в пределах от 50 до 210 м³/час. В скважине с дебитом 210 м³/час понижение составляет 2,69 м. Динамический уровень в ней находится на глубине 4,24 м, а восстановившийся уровень при работе других скважин — на глубине 1,55 м от поверхности земли.

Суммарный дебит эксплуатационных скважин на водозаборе № 3 «Витьба» равен 10 тыс. м³/сутки.

Общая производительность трех групповых водозаборов составляет 43 тыс. м³/сутки. Все эксплуатационные скважины на групповых водозаборах являются бесфильтровыми, средний дебит их в условиях взаимодействия составляет 101 м³/час при понижениях уровня 1,5—10,5 м. Средняя величина понижения составляет порядка 4,3—5,4 м.

Учитывая величину напора, изменяющуюся от 24,0 до 74,0 м, среднюю мощность трещиноватых и кавернозных известняков и доломитов порядка 43,0 м, тесную гидравлическую связь франского водоносного комплекса с пресными водами четвертичных отложений и реками Зап. Двиной, Витьбой и Лучесой, а также с нижележащим швентойско-тартуским водоносным комплексом, производительность каждой действующей эксплуатационной скважины на групповых водозаборах может быть увеличена путем увеличения примерно в два-три раза понижения уровня воды. Дебит каждой скважины при этом составит около 130 м³/час.

Кроме того, геолого-гидрогеологические и санитарные условия на участках водозабора № 1 «Песковатик» и № 3 «Витьба» являются благоприятными для заложения дополнительного количества эксплуатационных скважин в среднем через 300,0 м друг от друга и, следовательно, расширения этих водозаборов по площади. Водозабор № 2 «Марковщина», из-за неудовлетворительных санитарных условий, не может быть расширен по площади.

На участке водозабора № 1 «Песковатик» дополнительные эксплуатационные скважины могут быть заложены по линии вдоль левого берега Зап. Двины в северо-западном направлении. При условии увеличения понижения в действующих эксплуатационных скважинах и расширения по площади водозабора № 1 «Песковатик» общая производительность его может быть доведена до 70 тыс. м³/сутки. Для отбора такого количества подземных вод на водозаборе «Песковатик» необходимо дополнительно пробурить ориентировочно 17 разведочно-эксплуатационных скважин.

Развитие водозабора № 3 «Витьба» возможно в восточном направлении, вдоль долины р. Витьбы. Общая производительность его может быть доведена до 30 тыс. м³/сутки. Такой отбор воды возможен при условии дополнительного заложения здесь ориентировочно шести-семи эксплуатационных скважин.

Для удовлетворения потребности г. Витебска в хозяйственно-питьевой воде в перспективе в количестве 150 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, кроме расширения действующих водозаборов № 1 и № 3, потребуется заложить новый водозабор производительностью 33,0 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

По геолого-гидрогеологическим условиям для размещения нового водозабора наиболее благоприятным является участок, расположенный в 4,5 км к югу от г. Витебска, вдоль левого берега р. Лучесы. Для получения 33 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ из франского водоносного комплекса требуется пробурить ориентировочно 10—11 эксплуатационных скважин глубиной в среднем 90 м на расстоянии 300 м друг от друга.

Расположение действующих и предполагаемого нового водозабора в приречной зоне создает весьма благоприятные условия для питания их водами рек Зап. Двины и Витьбы.

При удалении водозабора от реки на расстояние 200 м линейный модуль составляет 89,6 л/сек, т. е. к водозаборным сооружениям, расположенным вдоль берега реки в линию протяженностью в 1 км, из реки притекает 7742 $\text{м}^3/\text{сутки}$. Коэффициент фильтрации трещиноватых известняков и доломитов франского яруса, по данным эксплуатационных откачек равен 22 м/сутки, понижение уровня воды в скважинах, отсчитываемое от абсолютной отметки уреза воды в реке — 4 м, средняя мощность водовмещающих известняков и доломитов — 43,6 м, расстояние между скважинами — 300 м и радиус скважины — 0,1 м. Следовательно, при проектной производительности одной эксплуатационной скважины в 3120 $\text{м}^3/\text{сутки}$ восполнение эксплуатационных запасов подземных вод на групповых водозаборах будет почти полностью происходить за счет инфильтрации речных вод.

Таким образом, хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Витебска в настоящее время и в перспективе может быть обеспечено за счет эксплуатации франского водоносного комплекса путем дальнейшей эксплуатации действующих групповых водозаборов, расширения водозаборов № 1 и № 3, а также строительства одного нового водозабора.

Современное водоснабжение г. Волковыска осуществляется за счет подземных вод. В районе г. Волковыска широко развиты мезо-кайнозойские отложения мощностью более 200 м, заключающие в себе значительные эксплуатационные запасы пресных подземных вод.

К современным аллювиальным отложениям мощностью до 10 м и надморенным водноледниковым пескам мощностью до 5 м приурочены грунтовые воды.

В нижележащей московской морене мощностью 10—49 м вода содержится в линзах и прослойках песков.

Под московской мореной на глубине от 7 до 54 м залегает водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений. Водовмещающие породы представлены песками мелко-, средне- и крупнозернистыми мощностью 12,0—21,5 м. Этот водоносный горизонт эксплуатируется многими одиночными скважинами для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения отдельных предприятий г. Волковыска. Эксплуатационные скважины глубиной 39—60 м оборудованы сетчатыми фильтрами диаметром 6" при длине рабочей части их 5—8 м. Обычно фильтры находятся в интервале глубин 26,1—54,0 м от поверхности земли. При откачках из скважин получены дебиты 6—14 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 27,1 и 4,5 м. Эти данные являются заниженными в связи с тем, что водопропускная способность сетчатых фильтров длиной 5—8 м весьма низкая. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 3,5—14,5 м от поверхности земли.

На значительной площади московско-днепровский водоносный горизонт подстилается днепровской мореной, мощность которой составляет 8,25—17,0 м.

Под днепровской мореной на глубине от 45,9 до 76,7 м залегает водоносный горизонт днепровско-березинских отложений. Мощность водовмещающих песков мелко-, средне- и крупнозернистых составляет 4,85—47,0 м. Этот водоносный горизонт эксплуатируется одиночными скважинами отдельных предприятий для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Волковыска. Эксплуатационные скважины глубиной от 70 до 107 м оборудованы сетчатыми фильтрами диаметром 6" при длине рабочей части их от 4,2 до 9,3 м. Фильтры в скважинах находятся в интервале глубин от 45,9 до 86,0 м. В процессе откачек из скважин получены дебиты от 10,0 до 19,8 м³/час при понижениях уровня соответственно на 17 и 8 м. Из-за слабой водопропускной способности сетчатых фильтров, эти дебиты являются заниженными. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 3—10 м ниже их устья.

Общая мощность четвертичных отложений в районе г. Волковыска составляет 69—107 м. Московская и днепровская морены не имеют повсеместного распространения. Благодаря выклиниванию морен по простираению, водоносные горизонты разновозрастных водноледниковых отложений имеют тесную гидравлическую связь.

Под четвертичными отложениями залегают палеогеновые глины с прослоями тонкозернистого песка. Мощность их достигает 22 м. Прослой песков являются водоносными, водообильность их весьма незначительная.

Палеогеновые глины подстилаются сенон-туронскими отложениями верхнего мела, которые представлены мергелями и мелом, мощностью 39—62 м. Кровля их залегает на глубине 125—150 м. К трещинам мергельно-меловой толщи приурочены пресные воды. Водообильность водовмещающих трещиноватых пород незначительная.

На глубине 164—170 м в районе г. Волковыска скважинами под мергельно-меловой толщей вскрываются сеноманские водоносные пески с прослоями песчаников. Мощность сеноманского водоносного горизонта составляет 7,2 м. При откачке из скважины, оборудованной фильтром в интервале сеноманского водоносного горизонта, получен дебит 18 м³/час при понижении уровня на 6,5 м.

Ниже, с глубины 212 м, залегают водообильные юрские известняки, вскрытая мощность которых равна 13,0 м. К трещинам и кавернам известняков приурочены пресные подземные воды.

Перспективная потребность г. Волковыска в хозяйственно-питьевой воде в количестве 71 тыс. м³/сутки может быть удовлетворена за счет эксплуатации водоносных горизонтов днепровско-березинских и московско-днепровских отложений. Потребное на перспективу количество воды можно быть получено путем строительства водозаборов на площади в радиусе до 4—6 км от г. Волковыска.

Перспективными для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения в районе г. Волковыска являются также верхне-среднеюрский и сеноманский водоносные горизонты.

Водоснабжение г. Гомеля осуществляется полностью за счет подземных вод, приуроченных к осадочной толще дчетвертичных отложений.

В районе г. Гомеля непосредственно с поверхности залегают четвертичные отложения мощностью 5—8 м, реже до 36 м.

В долине р. Сожа и ее притоков развиты аллювиальные отложения мощностью 1—8 м. Древнеаллювиальные водоносные мелкозернистые пески имеют мощность 5—17 м.

В пределах водоразделов повсеместно распространены водноледниковые и моренные отложения мощностью до 36 м.

Ниже залегают харьковские пески мелко- и тонкозернистые сильно-глинистые мощностью до 42 м, а также киевские и бучакские пески крупно- и среднезернистые, песчаники, глины и мергели мощностью до 61 м.

В основании палеогеновых отложений залегает мергельно-меловая толща сенон-туронского яруса верхнего мела мощностью 174—243 м. Сенон-туронские отложения повсеместно подстилаются сеноманскими песками средне-, мелко- и тонкозернистыми с прослоями песчаников и мергелей мощностью 11—30 м.

Под сеноманскими отложениями залегают глины, пески и песчаники нижнего мела мощностью 33,5—63,0 м.

Ниже повсеместно развиты верхнеюрские пески, известняки, песчаники и глины мощностью 84,0—88,2 м, которые подстилаются среднеюрскими водоупорными глинами мощностью 28,5—36,5 м.

К указанной толще четвертичных и дочетвертичных отложений приурочены напорные пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией от 150—200 до 496 мг/л. Подземные воды четвертичных, палеогеновых и верхнемеловых отложений содержат железо в количестве от 0,3 до 5,3 мг/л, в большинстве случаев от 1,6 до 2,8 мг/л.

Подземные воды палеогеновых, верхнемеловых и верхнеюрских отложений имеют тесную гидравлическую связь. В процессе производства опытной откачки на участке Кореневского водозабора при понижении уровня воды на 27,47 м в скважине, оборудованной фильтром в интервале сеноманского водоносного горизонта, уровень воды в наблюдательной скважине, оборудованной фильтром в интервале неоген-палеогенового водоносного комплекса, на расстоянии 65 м понизился на 0,83 м. При понижении 18,48 м в скважине, оборудованной фильтром в интервале палеогеновых отложений, уровень воды в наблюдательной скважине, оборудованной фильтром в интервале сеноманского водоносного горизонта, на том же расстоянии (65 м) понизился на 0,89 м.

В нижележащих триасовых, пермских, каменноугольных и девонских отложениях содержатся воды, непригодные для целей водоснабжения.

Современное водоснабжение г. Гомеля осуществляется за счет эксплуатации сеноманского, сенон-туронского водоносных горизонтов и неоген-палеогенового водоносного комплекса.

В г. Гомеле действуют четыре групповых водозабора: Центральный, Северный, Южный и Ново-Белицкий. Кроме того, на территории города расположены пять действующих эксплуатационных одиночных скважин гомельского «Водоканалтреста» и 57 одиночных ведомственных скважин отдельных предприятий.

Сведения о современном отборе подземных вод для водоснабжения г. Гомеля приведены в табл. 58.

Приведенные данные показывают, что в 1962 г. в г. Гомеле для хозяйственно-питьевых целей отбиралось 73,5 тыс. м³/сутки, в том числе из сеноманского водоносного горизонта 37,2 тыс. м³/сутки, сенон-туронского водоносного горизонта 21,3 тыс. м³/сутки и неоген-палеогенового водоносного комплекса 6,5 тыс. м³/сутки. Суммарная производительность скважин, эксплуатирующих совместно неоген-палеогеновый и сенон-туронский водоносные горизонты, равна 1,6 тыс. м³/сутки и скважин, оборудованных для одновременной эксплуатации сенон-турон-

Таблица 58

Количество эксплуатационных скважин и величина отбора подземных вод для водоснабжения г. Гомеля (по состоянию на 1/X 1962 г.)

Наименование водозаборов	К-во скв., эксплуатирующих неоген-палеогеновый водонос. комп.	Суммарн. дебит скв., эксплуатирующих неоген-палеогеновый водонос. комп., тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$	К-во скв., эксплуатирующих сенон-туронский водонос. горизонт	Суммарн. дебит скв., эксплуатирующих сенон-туронский водонос. горизонт, тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$	К-во скв., эксплуатирующих совместно неоген-палеогеновый и сенон-туронский водонос. горизонт	Суммарн. дебит скв., эксплуатирующих совместно неоген-палеогеновый и сенон-туронский водонос. горизонт, тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$	К-во скв., эксплуатирующих сеноманский водонос. горизонт	Суммарн. дебит скв., эксплуатирующих сеноманский водонос. горизонт, тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$	К-во скв., эксплуатирующих совместно сенон-туронский и сеноманский водонос. горизонт	Суммарн. дебит скв., эксплуатирующих совместно туронский и сеноманский водонос. горизонт, тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$	Общее к-во эксплуатационных скв.	Общая производительность скв., тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$
Центральный	—	—	5	13,352	—	—	3	7,032	—	—	8	19,384
Северный	—	—	2	2,280	—	—	6	8,832	—	—	8	11,112
Южный	—	—	1	1,920	—	—	2	4,104	—	—	3	6,024
Ново-Белицкий	1	1,008	1	0,960	—	—	1	2,208	1	2,040	4	6,216
Одиночные скв. гомельского "Водоканалтреста"	—	—	1	1,080	—	—	4	3,408	—	—	5	4,488
Одиночные ведомственные скважины предприятий	9	5,448	4	2,687	3	1,595	9	11,600	4	5,00	29	26,330
Всего	10	6,456	14	21,279	3	1,595	25	37,184	5	7,040	57	73,554

ского и сеноманского водоносных горизонтов, составляет 7 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Основные данные по действующим групповым водозаборам приведены в табл. 59.

Расстояние между правобережными водозаборами (Центральный, Северный, Южный) составляет 1,5—3 км.

Центральный водозабор расположен в восточной части города, на правобережной пойме р. Сожа. Дебит эксплуатационных скважин из-

Таблица 59

Основные данные по действующим в г. Гомеле групповым водозаборам

Наименование водозаборов	Время ввода водозабора в эксплуатацию	Длина водозабора, м	Расстояние между скважинами, м		Среднее расстояние от водозабора до р. Сожа, м
			от	до	
Центральный	1894 г.	1246,0	7,0	360,0	20,0—60,0
Северный	1934 г.	1624,0	20,0	567,0	1000,0
Южный	1963 г.	1240,0	590,0	650,0	500,0
Ново-Белицкий	1936 г.	201,0	2,0	184,0	200,0

меняется от 65 до 110 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды соответственно на 3 и 13 м. Динамические уровни в наблюдательных эксплуатационных скважинах находятся на глубинах 12,3—23 м, а восстановившиеся уровни на глубинах от 2,3 до 14,5 м.

Общая производительность Центрального водозабора составляет 19,4 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Из сеноманского водоносного горизонта отбирается 12,4 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ и из сенон-туронского водоносного горизонта — 7 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Северный водозабор расположен в северо-восточной части города в районе улиц Подгорной и Авиационной, на правобережной надпойменной террасе р. Сожа. Он состоит из пяти скважин, расположенных в линию. Дебит их составляет от 40 до 110 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 5,2 и 11,7 м. Динамические уровни находятся на глубинах от 22,5 до 35,4 м. При выключенном насосе уровень воды в эксплуатационной скважине при работе остальных водозаборных скважин устанавливается на глубинах 14,3—21,9 м.

Общая производительность Северного водозабора составляет 11,1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Из сеноманского водоносного горизонта отбирается 8,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, из сенон-туронского водоносного горизонта — 2,3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Южный водозабор находится в южной части города, в районе улиц Леваневского и Энгельса, на правобережной надпойменной террасе р. Сожа. Он состоит из трех скважин, расположенных в линию. Дебит их составляет от 22 до 41 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 7 и 12 м. Динамические уровни в скважинах отмечены на глубинах от 18 до 32 м, восстановившиеся уровни в отключенных скважинах при работе других водозаборных скважин находятся на глубинах 6—20 м от поверхности земли. Суммарный дебит скважин Южного водозабора составляет 6 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Из них 4,1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ отбирается из сеноманского водоносного горизонта и 1,9 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ — из сенон-туронского водоносного горизонта.

Ново-Белицкий водозабор расположен в юго-восточной части города, на левобережной пойме р. Сожа. Он состоит из четырех скважин. Дебит их составляет 40—92 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 2,8 и 17 м. Динамические уровни в скважинах, эксплуатирующих сеноманский водоносный горизонт, находятся на глубинах до 20 м при понижении 2,3 м, а в скважинах, эксплуатирующих неоген-палеогеновый водоносный комплекс, до 18,7 м при понижении 11,1 м.

Суммарная производительность Новобелицкого водозабора составляет 6,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Отбор воды из неоген-палеогенового водоносного комплекса равен 1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, сенон-туронского водоносного горизонта — 1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ и сеноманского водоносного горизонта — 2,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Совместно из сенон-туронского и сеноманского водоносных горизонтов отбирается 2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Общий отбор подземных вод в количестве 73,5 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ в настоящее время является далеко не достаточным для полного удовлетворения г. Гомеля в питьевой воде. Поэтому Управлением геологии при СМ БССР в 1962—1963 гг. проведены гидрогеологические исследования с целью обоснования возможности удовлетворения потребности г. Гомеля в хозяйственно-питьевой воде в количестве 150 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Разведочными гидрогеологическими работами установлено, что на юго-восточной окраине Ново-Белицы, на левобережной террасе р. Сожа, может быть сооружен Корневский водозабор производительностью в 23,1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, эксплуатирующий неоген-палеогеновый и сеноманский водоносные горизонты. Кроме того, в результате анализа геолого-гидрогеологических условий и данных по эксплуатации групповых

водозаборов, а также многочисленных эксплуатационных скважин в прилегающих к городу сельских населенных пунктах, к югу и северу от г. Гомеля в радиусе до 10,0—15 км выделены перспективные для строительства водозаборов участки, примыкающие к р. Сожу. На этих участках основными для эксплуатации являются неоген-палеогеновый и сенон-туронский водоносные горизонты. Причем сенон-туронский водоносный горизонт является перспективным для строительства водозаборов в пределах древних и современных долин рек Сожа и Ипути, где трещиноватость и соответственно водообильность водовмещающих пород, как правило, наиболее высокая.

Сведения об утвержденных ГКЗ эксплуатационных запасов подземных вод приведены ниже в табл. 60.

Таблица 60

Эксплуатационные запасы подземных вод, утвержденные ГКЗ, по неоген-палеогеновому, сенон-туронскому и сеноманскому водоносным горизонтам в районе г. Гомеля (по состоянию на 1/IV 1963 г.)

Наименование участков водозаборов	Балансовые эксплуатационные запасы подземных вод, тыс. м ³ /сутки		
	Категории запасов		
	А	В	C ₁
Центральный	18,0	5,4	—
Северный	10,0	3,0	—
Южный	6,0	1,6	—
Ново-Белицкий	6,5	—	—
Одиночные скважины промышленных предприятий	—	—	24,8
Кореневский (вновь разведанный)	16,7	6,4	—
Костюковский (перспективный)	—	—	47,0
Бабовичский (перспективный)	—	—	44,0
Итого	57,2	16,4	115,0
Всего	189,4		

Верхне-среднеюрский водоносный комплекс не является перспективным для водоснабжения г. Гомеля, так как водовмещающие породы залегают на значительной глубине, достигающей 252 м, и характеризуются незначительной водообильностью. В процессе производства опытной откачки из скважины, пробуренной в 1962 г. на Северном водозаборе г. Гомеля и оборудованной сетчатым фильтром диаметром 108 мм при длине рабочей части его 3,75 м в интервале мелкозернистых водоносных песков получен дебит 18,3 м³/час при понижении уровня на 23,37 м. Качество пресных гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых вод этого водоносного горизонта удовлетворительное: сухой остаток 494 мг/л, общая жесткость 2,26 мг·экв и содержание железа 0,32 мг/л.

По уточненным в 1964 г. в институте Белгоспроект данным потребность г. Гомеля в хозяйственно-питьевой воде на 1980 г. составляет 211 тыс. м³/сутки. Отбор такого количества воды из неоген-палеогенового, сенон-туронского и сеноманского водоносных горизонтов возможен путем строительства водозаборов в радиусе до 10—15 км от

г. Гомеля с таким расчетом, чтобы эксплуатационные скважины находились на расстоянии нескольких сотен метров от рек Сожа и Ипути.

Город Горки расположен в весьма благоприятных условиях для организации водоснабжения его за счет качественных подземных вод. В районе г. Горки повсеместно развиты водоносные четвертичные (водноледниковые, моренные и аллювиальные) отложения мощностью до 50 м.

Четвертичные отложения подстилаются карбонатной толщей франского яруса верхнего девона. В сильнотрещиноватых известняках и доломитах мощностью 30—40 м, содержатся напорные пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Трещиноватые известняки и доломиты обладают высокой водообильностью. При откачке из скважины получены дебиты до $18 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня на 0,86 м. В зависимости от характера рельефа пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются выше поверхности земли или находятся на глубинах до 12,0 м ниже их устья.

Франский водоносный комплекс подстилается песками и алевролитами среднего и верхнего девона мощностью около 200 м. К тонко-, мелко- и среднезернистым пескам приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды, пригодные для питья.

В нижележащих девонских, нижнекембрийских и верхнепротерозойских отложениях содержатся соленые воды и рассолы.

В настоящее время в городской водопровод подается подземная вода в количестве 1 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ из двух скважин, расположенных на улице 40 лет Октября и на территории Сельхозакадемии. Кроме того, на территории г. Горки имеется около 10 эксплуатационных скважин отдельных предприятий. Суммарная производительность всех эксплуатационных скважин на территории города составляет около 3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Это количество воды отбирается из франского водоносного комплекса. Эксплуатационные скважины оборудованы недостаточно мощными насосами и поэтому дебиты их весьма низкие. В процессе эксплуатации скважин понижения составляют всего лишь 0,32—4,02 м. В данных условиях имеется возможность увеличить отбор подземных вод по тем скважинам, конструкции которых позволяют опустить достаточно мощные насосы на большую глубину.

Перспективная потребность г. Горки в хозяйственно-питьевой воде в 15 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод франского водоносного комплекса.

По геолого-гидрогеологическим и санитарным условиям наиболее благоприятным для строительства водозабора является участок, расположенный в 1,5—2,0 км к западу от г. Горки, вдоль долины р. Прони. При среднем дебите скважин $80 \text{ м}^3/\text{час}$ потребное количество воды в 15 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть получена путем эксплуатации семи—восьми скважин, расположенных вдоль долины р. Прони на расстоянии 300 м друг от друга.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Гродно базируется на использовании поверхностных вод р. Немана.

В районе г. Гродно широко распространены четвертичные и дочетвертичные отложения мощностью до 310—314 м.

Толща четвертичных отложений представлена современными и древними аллювиальными песками, а также водноледниковыми песками, моренными супесями и суглинками московского, днепровского и березинского оледенений. Мощность четвертичных отложений колеблется в пределах от 95,5 до 242 м. Основную часть разреза составляют моренные супеси и суглинки, к песчаным линзам и прослоям которых приурочены подземные воды. Водноледниковые отложения имеют не-

значительную мощность и часто выклиниваются по простиранию. Подземные воды, приуроченные к водноледниковым пескам, пресные и относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Водообильность водовмещающих мелко- и тонкозернистых песков весьма незначительная.

Ниже залегают палеогеновые слабоводообильные мелкозернистые пески и практически водоупорные глины мощностью до 20,5 м.

Под четвертичными и палеогеновыми песчано-глинистыми породами залегают сенон-туронские и сеноманские отложения верхнего мела. Сенон-туронские отложения, представленные мергельно-меловой толщей мощностью от 0 до 121 м, содержат в себе пресные воды и характеризуются незначительной водообильностью.

К нижележащим сеноманским мелкозернистым пескам мощностью от 29,2 до 50 м, залегающим на глубине от 207 до 272 м, приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Сухой остаток их достигает 377,2 мг/л, общая жесткость — до 6,7 мг·экв, содержание железа — до 1,15 мг/л. Сеноманский водоносный горизонт напорный. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются до 17,5 м ниже их устья. В понижениях рельефа пьезометрический уровень отмечен на высоте 0,1 м от поверхности земли. В процессе откачки из скважин, оборудованных в основном сетчатыми фильтрами, получены дебиты от 6,48 до 39,96 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 17,5 и 25,1 м. При оборудовании скважин другим типом фильтра (керамическим, гравийным, создание водоприемной воронки бесфильтровой скважины и др.) с большей водопрпускной способностью дебит их может быть значительно увеличен.

Сеноманские пески повсеместно подстилаются юрскими известняками трещиноватыми, сильнокавернозными, мощность которых составляет 26—30 м. В юрских известняках, залегающих на глубине от 247,2 до 276,55 м, содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. В химико-бактериологическом отношении они соответствуют требованиям, предъявляемым к питьевым водам. Исключение составляет железо, содержание которого колеблется от 0,02 до 9,00 мг/л. Верхне-среднеюрский водоносный комплекс напорный. Величина напора составляет 259—302 м. Пьезометрические уровни в скважинах на террасе р. Немана устанавливаются на высоте до 11,1 м от поверхности земли. Кавернозные и трещиноватые известняки характеризуются высокой водообильностью. В процессе откачки из скважины в дер. Чеховщина получен дебит 153,72 м³/час при понижении уровня воды на 33,97 м. В основании этого водоносного комплекса залегают юрские глины с прослоями песков мощностью до 6,0 м. Юрские отложения подстилаются породами кристаллического фундамента.

Наличие в юрских известняках пресных подземных вод впервые было установлено в 1956—1957 гг. Управлением геологии при СМ БССР при производстве комплексной геологической съемки в м-бе 1 : 200 000.

Для изучения водообильности и качества воды верхне-среднеюрского водоносного комплекса, а также установления возможности организации хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Гродно за счет подземных вод Геолого-гидрогеологической экспедицией в 1959—1960 гг. в 1,0 км к юго-западу от г. Гродно были пробурены три скважины, из которых произведены опытные откачки. На основании данных этих откачек, использования результатов откачек из других одиночных скважин, а также анализа фондовых материалов в районе г. Гродно произведен подсчет эксплуатационных запасов пресных подземных вод верхне-среднеюрского водоносного комплекса.

Эксплуатационные запасы пресных подземных вод верхне-среднеюрского водоносного комплекса на территории в радиусе до 10 км от г. Гродно утверждены ТКЗ в количестве 4,4 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ по категории В, 15,7 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ по категории С₁ и 124 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ по категории С₂.

Детальными гидрогеологическими исследованиями в районе г. Гродно на участке «Пышки», подтвердились сделанные ранее выводы о высокой водообильности юрских отложений и перспективах использования приуроченных к ним подземных вод для целей водоснабжения г. Гродно.

Таким образом, потребность г. Гродно в хозяйственно-питьевой воде в 177 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод верхне-среднеюрского водоносного комплекса и сеноманского водоносного горизонта путем строительства водозаборов в радиусе от 6—10 км от г. Гродно.

Водоснабжение г. Дзержинска осуществляется и в перспективе может базироваться на подземных водах четвертичных отложений.

Мощность четвертичных отложений в районе г. Дзержинска составляет в среднем 90 м. Они повсеместно подстилаются песчано-глинистыми породами среднего девона.

Толща четвертичных отложений сложена в основном водноледниковыми песками и моренными супесями и суглинками московского, днепровского и березинского оледенений.

К покровным водноледниковым пескам приурочены грунтовые воды. Водообильность и мощность водовмещающих пород незначительные.

Более водообильными и выдержанными по площади являются водоносные горизонты московско-днепровских и днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений.

Водоносный горизонт московско-днепровских отложений мощностью в среднем 11,5 м залегает на глубине от 9 до 33 м. Удельные дебиты скважин достигают 10 $\text{м}^3/\text{час}$.

На глубине в среднем 50 м залегает водоносный горизонт днепровско-березинских отложений мощностью 5—10 м.

Водоносные горизонты московско-днепровских и днепровско-березинских отложений имеют тесную гидравлическую связь. Подземные воды в химико-бактериологическом отношении отвечают требованиям, предъявляемым к хозяйственно-питьевым водам.

В настоящее время для водоснабжения г. Дзержинска используется в основном водоносный горизонт московско-днепровских отложений.

Перспективная потребность г. Дзержинска в хозяйственно-питьевой воде может быть удовлетворена за счет эксплуатации водоносных горизонтов московско-днепровских и днепровско-березинских отложений. Отбор воды из этих водоносных горизонтов в количестве 33 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ возможен при размещении водозаборов в радиусе до 3—5 км от г. Дзержинска.

В г. Жлобине для хозяйственно-питьевых целей используются подземные воды четвертичных и дочетвертичных отложений.

В толще четвертичных отложений водоносными являются аллювиальные, днепровские надморенные и березинско-днепровские межморенные водноледниковые отложения.

Аллювиальные и надморенные водноледниковые пески содержат грунтовые воды и характеризуются незначительной водообильностью.

Нижележащий водоносный горизонт днепровско-березинских отложений напорный. Водовмещающие мелко- и среднезернистые пески

мощностью 3,0—10,4 м залегают на глубине 22,8—35,0 м. Дебит скважин достигает 12,0 м³/час при понижении уровня на 5 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 10,0—12,8 м ниже их устьев.

Водоносный горизонт днепровско-березинских отложений подстилается неоген-палеогеновыми мелко- и среднезернистыми песками и глинами мощностью до 20 м. Пьезометрические уровни в скважинах, эксплуатирующих неоген-палеогеновый водоносный комплекс, устанавливаются на глубине 5,9—14,0 м от поверхности земли. Удельные дебиты их достигают 2 м³/час.

На глубине 39,7—102,0 м залегают сенон-туронские отложения верхнего мела, представленные мелом и мергелем. Мощность их 8,0—57,1 м. В трещиноватой мергельно-меловой толще содержатся пресные, напорные воды. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубине 5,0—10,7 м от поверхности земли.

Мергельно-меловая толща подстилается сеноманскими песками мощностью в несколько метров.

Ниже залегают юрские глины с прослоями песков. В прослоях песков содержатся пресные воды. К подстилающим отложениям среднего девона приурочены солоноватые и соленые воды.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Жлобина в настоящее время и в перспективе могут быть использованы подземные воды древнеаллювиальных, березинско-днепровских водноледниковых, палеогеновых и сенон-туронских отложений. Отбор подземных вод в количестве 216,5 тыс. м³/сутки может быть обеспечен в радиусе 10—15 км от г. Жлобина. Участки под строительство водозаборов должны выбираться с учетом максимального приближения их к р. Днепру.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Жодино в настоящее время производится за счет подземных вод четвертичных и частично дочетвертичных отложений.

Четвертичные отложения в районе г. Жодино развиты повсеместно. Мощность их составляет 80,0—112,5 м. Подземные воды приурочены к современным аллювиальным отложениям р. Плисы, надмосковским водноледниковым пескам, а также к московско-днепровским и днепровско-березинским водноледниковым межморенным отложениям. В толще четвертичных отложений содержатся гидрокарбонатно-кальциевые воды с сухим остатком 102—277 мг/л. Водовмещающими породами являются пески мелко-, средне- и разноморнистые.

Четвертичные отложения подстилаются отложениями наровского горизонта среднего девона, представленными глинами, песчаниками, известняками и мергелями. В верхней части толщи среднедевонских отложений мощностью 58—87 м содержатся пресные воды с сухим остатком от 414 до 702 мг/л. С увеличением глубины минерализация подземных вод закономерно возрастает и в нижней части толщи среднедевонских отложений они переходят в слабосоленые и затем в соленые.

Современный отбор подземных вод для водоснабжения г. Жодино составляет около 5 тыс. м³/сутки. Это количество воды отбирается путем эксплуатации примерно 15 одиночных скважин, расположенных на территории отдельных предприятий. Около 12 скважин глубиной от 26,5 до 53,0 м оборудованы фильтрами в интервале московско-днепровского водоносного горизонта и три скважины глубиной от 158 до 185 м — в интервале верхней части наровско-пярнуского водоносного комплекса.

Дебиты скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт московско-днепровских отложений, колеблются в пределах от 22 до 30 м³/час

при понижении уровня воды соответственно на 4 и 5 м. Водовмещающие мелко- и среднезернистые пески мощностью от 17,0 до 30,5 м залегают в интервале глубин 6,5—53,0 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 8,5—16,0 м от поверхности земли.

Водообильность среднедевонских трещиноватых песчаников и известняков характеризуется дебитами скважин от 43,2 до 54,4 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 25 и 24 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 8—18 м ниже их устья.

В последние годы в связи со строительством и развитием в Жодино Белорусского автозавода потребность города в хозяйственно-питьевой воде резко возросла. Городу Жодино в 1980 г. потребуется 36,5 тыс. м³/сутки. Отбор такого количества воды может быть обеспечен за счет эксплуатации водоносных горизонтов московско-днепровских и днепровско-березинских межморенных флювиогляциальных отложений. Для этих целей требуется строительство водозаборов в радиусе до 3,0—4,5 км от г. Жодино. Участки под строительство водозаборов целесообразно выбирать вблизи р. Плисы.

При производстве гидрогеологических исследований с целью выбора участков под строительство водозаборов на исследуемой площади необходимо изучать поочередно два межморенных водоносных горизонта. В случае выявления достаточно водообильных и днепровско-березинских водноледниковых песков строительство водозаборов должно предусматриваться из расчета эксплуатации водоносного горизонта днепровско-березинских отложений. Залегание водовмещающих пород в интервале глубин от 53,0 до 112,5 м при пьезометрических уровнях воды 10—15 м от поверхности земли позволит создать необходимые понижения в эксплуатационных скважинах.

Если будет установлено, что на площадях исследований днепровско-березинские водноледниковые пески характеризуются незначительной водообильностью, то необходимо изучить водоносный горизонт московско-днепровских отложений. В процессе разведочных работ должны быть выявлены участки распространения достаточно водообильных московско-днепровских водноледниковых песков с максимальной глубиной их залегания. Принимая во внимание, что пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах в среднем 13 м, перспективными для строительства групповых водозаборов будут являться те участки, где водоносный горизонт московско-днепровских отложений залегает на глубине не менее 35—40 м. При таких условиях могут быть созданы необходимые понижения в эксплуатационных взаимодействующих скважинах.

Современное и перспективное хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Кричева может полностью осуществляться за счет подземных вод.

В районе г. Кричева с поверхности залегают четвертичные отложения мощностью 2,0—29,5 м. Они представлены современными и древними аллювиальными отложениями р. Сожа, моренными и водноледниковыми отложениями московского и днепровского оледенений. Водовмещающие аллювиальные и водноледниковые пески имеют незначительную мощность и обладают слабой водообильностью. Дебиты скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт московско-днепровских отложений, составляют около 2 м³/час при понижении уровня воды на 2,5—3,0 м.

Нижележащая мергельно-меловая толща сенон-туронского яруса мощностью 12,0—38,5 м характеризуется неравномерной водообильностью как в вертикальном разрезе, так и по простиранию. Дебиты

скважин колеблются от 15 до 36,0 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 8 и 3 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубине 6—21 м от поверхности земли.

В основании сенон-туронского водоносного горизонта залегают сеноманские пески и песчаники, мощность которых составляет 1,5—8,7 м. Водообильность сеноманских мелко- и крупнозернистых песков и песчаников характеризуется дебитами скважин 1,5—38,0 м³/час при понижении уровня до 23 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубине 15,0—15,5 м от поверхности земли.

Ниже залегают юрские водоупорные глины с прослоями слабодообильных тонкозернистых песков. Мощность их составляет 42,35—50,0 м. Эти отложения повсеместно подстилаются известняками франского яруса верхнего девона. Вскрытая мощность их равна 4,6—7,5 м. Они залегают в интервале глубин от 90,5 до 97,95 м. Трещиноватые известняки характеризуются высокой водообильностью. Дебиты скважин изменяются от 45 до 50 м³/час при понижении уровня соответственно на 20 и 7 м. Обычно в скважинах вода самоизливается. Пьезометрические уровни воды устанавливаются на 3,0—5,62 м выше поверхности земли. При самоизливе дебит бесфильтровых скважин достигает 47,6 м³/час. В отдельных скважинах пьезометрический уровень устанавливается на 2 м ниже их устья.

В четвертичных, мезозойских и верхнедевонских отложениях содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды.

В настоящее время в г. Кричеве эксплуатируется около 20 одиночных скважин, расположенных на территории отдельных предприятий. Этими скважинами отбирается около 7,5 тыс. м³/сутки. Основная часть скважин эксплуатирует сенон-туронский водоносный горизонт. Остальными скважинами эксплуатируются московско-днепровский, сеноманский и франский водоносные горизонты.

Перспективная потребность г. Кричева в хозяйственно-питьевой воде в 38 тыс. м³/сутки может быть полностью удовлетворена за счет эксплуатации франского водоносного комплекса. Отбор потребного на перспективу количества воды может быть обеспечен путем строительства групповых водозаборов в радиусе до 3 км от г. Кричева.

Город Лида расположен в благоприятных условиях для организации его хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет подземных вод. Толща осадочных отложений мощностью около 300 м залегает здесь на породах кристаллического фундамента и содержит в себе пресные воды, пригодные для питья.

Наиболее перспективными для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Лиды являются водоносные горизонты четвертичных отложений.

Общая мощность четвертичных отложений, представленных мореными супесями и суглинками и водноледниковыми песками березинского, днепровского и московского оледенений, в районе г. Лиды составляет 80—118 м.

К водноледниковым пескам, покрывающим московскую морену, приурочены грунтовые воды. Мощность водоносного горизонта незначительная.

Среди толщи четвертичных отложений наиболее водообильными являются московско-днепровские и днепровско-березинские водноледниковые межморенные пески, к которым приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. В химико-бактериологическом отношении они отвечают требованиям, предъявляемым к питьевым водам.

Водоносный горизонт московско-днепровских отложений в районе г. Лиды имеет повсеместное распространение. Водовмещающие породы

представлены песками, мелко-, средне- и крупнозернистыми. Они залегают в интервалах глубин от 5,2 до 42,0 м. Мощность их составляет 8—36 м. При откачках из скважин, оборудованных сетчатыми фильтрами диаметром 6—10" и длиной рабочей их части 6—10 м, получены дебиты 8—15 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 9,0 и 0,2 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 1,7—6 м от поверхности земли.

Водоносный горизонт днепровско-березинских отложений в районе г. Лиды имеет также повсеместное распространение. Водовмещающими породами являются пески мелко- и разномзернистые мощностью 2,1—30,0 м. Они залегают на глубине 26,3—67,3 м. Удельные дебиты скважин, эксплуатирующих этот водоносный горизонт, изменяются в пределах от 1,3 до 26,3 м³/час. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 0,7—15,3 м ниже их устьев.

В более глубокозалегающих палеогеновых, верхнемеловых и нижнекембрийских отложениях содержатся воды также удовлетворительного для питья качества, но водообильность водовмещающих пород незначительная. Среди них наиболее водообильными являются нижнекембрийские трещиноватые песчаники. В процессе откачек из скважин получены дебиты от 35 до 60 м³/час при понижении уровня соответственно на 29,5 и 9,5 м.

В настоящее время хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Лиды осуществляется путем эксплуатации одиночных скважин, расположенных на территории отдельных предприятий. Всего в г. Лиде эксплуатируется около 30 скважин. Большинство из них отбирают воды из четвертичных отложений и лишь единичными скважинами эксплуатируются гдовский и сеноманский водоносные горизонты. В 1962 г. в городской водопровод подавалось 6 тыс. м³/сутки.

Для удовлетворения потребности г. Лиды в хозяйственно-питьевой воде в перспективе в количестве 63,8 тыс. м³/сутки наиболее целесообразным является эксплуатация водоносных горизонтов московско-днепровских и днепровско-березинских отложений. Отбор такого количества подземных вод возможен путем строительства групповых водозаборов на площади в радиусе до 4—6 км от г. Лиды.

В г. Могилеве источником хозяйственно-питьевого водоснабжения служат подземные воды дочетвертичных и частично четвертичных отложений.

Непосредственно с поверхности в районе г. Могилева залегают четвертичные отложения мощностью 11—40 м, а на участках глубоких врезов древних долин до 70—80 м.

В долине Днепра развиты современные аллювиальные пески мощностью до 10 м. Мощность древнеаллювиальных мелко- и среднезернистых песков составляет 10—14 м, а на отдельных участках — до 40,6 м. Они залегают на верхнемеловых и юрских отложениях и лишь в отдельных участках на песках и алевролитах тартуского горизонта среднего девона. Эти участки, по-видимому, приурочены к глубокооврезанным древним долинам.

В пределах водоразделов повсеместно развиты водноледниковые и ледниковые отложения московского, днепровского и березинского оледенений. К югу от г. Могилева четвертичные водноледниковые пески залегают на сенон-туронских и сеноманских отложениях. Сенон-туронские отложения, представленные мергельно-меловой толщей, имеют мощность 10—30 м, а мелко- и тонкозернистые пески сеноманского яруса — 2,5—10,0 м.

Ниже залегают средне- и верхнеюрские водоупорные глины с прослоями тонкозернистых песков мощностью 3—40 м. Северная граница

распространения юрских отложений проходит в 6—8 км к северу от г. Могилева.

Нижележащие отложения тартуского горизонта живетского яруса среднего девона представлены мелко- и тонкозернистыми песками и алевролитами мощностью до 200 м.

Примерно с глубины 300 м залегают карбонатные породы наровского горизонта среднего девона.

К четвертичным, верхнемеловым, юрским и среднедевонским пескам приурочены пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды. В карбонатной толще наровского горизонта содержатся слабосоленоватые и соленоватые воды. В нижележащих кембрийских и верхнепротерозойских осадочных отложениях, залегающих в интервале глубин 345—1306 м, и породах кристаллического фундамента содержатся высокоминерализованные воды и рассолы.

Современное водоснабжение г. Могилева базируется в основном на использовании пресных подземных вод терригенной толщи среднего девона и только единичными скважинами эксплуатируются подземные воды четвертичных отложений.

В г. Могилеве действуют групповые водозаборы № 1 «Днепровский» и № 2 «Карабановский», а также эксплуатируются три одиночные скважины могилевского «Водоканалтреста» и 23 ведомственные скважины отдельных предприятий. Одиночные скважины рассредоточены по территории города.

Водозабор № 1 «Днепровский» расположен в южной части города, на правобережной пойме и террасе р. Днепра. Эксплуатационные скважины расположены в несколько разбросанном виде. Расстояние между ними составляют 40—400 м. Водозабор состоит из 18 скважин. Семь скважин эксплуатируют швентойско-тартуский водоносный комплекс и три скважины — водоносный горизонт древнеаллювиальных отложений.

Глубины скважин, эксплуатирующих швентойско-тартуский водоносный горизонт, колеблются от 71 до 228 м. Они оборудованы каркасно-стержневыми фильтрами диаметром 6/4 и 8/5" с гравийной обсыпкой. Длина рабочей части фильтров, находящихся в интервале глубин 133—199 м, составляет 6,57—19,8 м. Одна скважина оборудована фильтром в интервале 59,1—68,8 м. Дебиты скважин колеблются от 15 до 70 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 5,4 и 30 м. Пьезометрические уровни в эксплуатационных скважинах устанавливаются на 0,3—5,5 м выше их устьев.

Скв. 6, оборудованная секционными фильтрами в интервалах водоносных мелкозернистых песков среднего девона 98,81—105,48; 106,58—113,25 и 114,3—121,0 м, при самоизливе имела дебит 14,76 м³/час. Пьезометрический уровень воды в ней устанавливался на 5,5 м выше поверхности земли.

Из скв. 1, пробуренной в 1955 г. и оборудованной фильтром в интервале глубин 154,66—165,34 м, при самоизливе получен дебит 52 м³/час.

Суммарная производительность семи эксплуатационных скважин составляет 7,6 тыс. м³/сутки.

Глубины скважин, эксплуатирующих водоносный горизонт древнеаллювиальных отложений, колеблются в пределах от 44 до 47,3 м. Они оборудованы каркасно-стержневыми фильтрами диаметром 8" с длиной рабочей части их от 5,4 до 10,7 м. Рабочая часть фильтров находится на глубинах от 32,8 до 47,1 м. Дебит скважин составляет 12—58 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 2,3 и 9,7 м. Пьезометрические уровни воды в этих скважинах устанавливаются на глубинах 3—3,6 м от поверхности земли. Суммарная производительность трех

скважин составляет 2,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Общая производительность водозабора № 1 «Днепровский» равна 9,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Водозабор № 2 «Карабановский» расположен в северо-западной части города, на правобережной пойме р. Дубровенки. Эксплуатационные скважины расположены в виде треугольника. В 1963 г. на Карабановском водозаборе действовало восемь скважин. Все они эксплуатируют швентойско-тартуский водоносный комплекс. Глубины скважин колеблются от 96 до 300 м. Они оборудованы каркасно-стержневыми фильтрами с гравийной обсыпкой диаметром 6/4, 8/5, 7/5 и 10/6" и длиной рабочей части 6,70—16,15 м. Обычно фильтры в скважинах находятся на глубине от 199 до 230 м. Одна скважина оборудована фильтром в интервале 83,2—94,0 м. Дебит скважин составляет 20—65 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды соответственно на 9,5 и 45,0 м. Динамические уровни воды находятся на глубинах 23—68 м от поверхности земли. В эксплуатационных скважинах, пробуренных в 1952—1962 гг., пьезометрический уровень находился на глубинах 11—28 м от поверхности земли.

Производительность Карабановского водозабора из восьми эксплуатационных скважин составляет 9,0 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Суммарный дебит трех одиночных скважин могилевского «Водоканалтреста» равен 2,6 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, а 23 ведомственных скважин отдельных предприятий — 11,3 $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Таким образом, для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Могилева в 1963 г. групповыми и одиночными водозаборными сооружениями в основном из швентойско-тартуского водоносного комплекса отбиралось 32,7 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Для обоснования обеспечения перспективной потребности г. Могилева в 165 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ Управлением геологии при СМ БССР в 1963—1964 гг. произведены поисковые гидрогеологические исследования. Этими работами установлено, что основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Могилева является швентойско-тартуский водоносный комплекс. При строительстве водозаборов с целью эксплуатации швентойско-тартуского водоносного комплекса вышележащие водоносные горизонты четвертичных отложений могут также эксплуатироваться отдельными скважинами при условии достаточной водообильности этих горизонтов и возможности создания во всех водозаборных скважинах необходимых понижений, обеспечивающих бесперебойную одновременную эксплуатацию водоносных горизонтов дочетвертичных и четвертичных отложений.

По данным исследований установлено, что потребное количество хозяйственно-питьевых вод 165 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть получено за счет эксплуатации швентойско-тартуского водоносного комплекса путем строительства групповых водозаборов на площади в радиусе до 10—12 км от г. Могилева.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Молодечно в настоящее время и в перспективе может быть полностью обеспечено за счет подземных вод.

В районе г. Молодечно повсеместно распространены четвертичные отложения мощностью до 107 м. Подстилающими породами служат глины среднего девона.

Толща четвертичных отложений сложена в основном водноледниковыми и моренными отложениями московского, днепровского и березинского оледенений.

В московско-днепровских и днепровско-березинских водноледниковых межморенных отложениях содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды, пригодные для питья.

Мощность водоносного горизонта московско-днепровских отложений составляет 23,3—36,0 м. Водовмещающие московско-днепровские мелко-, средне- и крупнозернистые пески залегают в интервале глубин от 13,0 до 49,8 м. Дебиты скважин изменяются от 29,2 до 80,4 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды соответственно на 4,9 и 14,0 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 3—23 м от поверхности земли. В понижениях рельефа вода из скважин самоизливается.

Водовмещающие породы водоносного горизонта днепровско-березинских отложений представлены мелко- и среднезернистыми песками мощностью 20,0—39,15 м. Они залегают в интервале глубин от 36,38 до 80 м. Дебиты скважин составляют 7,9—51,9 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды соответственно на 4 и 9 м. Благодаря невыдержанности днепровской морены по простиранию, водоносные горизонты днепровско-московских и березинско-днепровских водноледниковых отложений гидравлически взаимосвязаны. В связи с этим пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на одинаковых глубинах от поверхности земли.

В г. Молодечно в настоящее время действует один групповой водозабор, расположенный на южной окраине города. Шесть водозаборных скважин расположены в линию с расстоянием в среднем 300 м друг от друга. Водозабором эксплуатируются водоносные горизонты московско-днепровских и днепровско-березинских отложений. Дебит скважин составляет 51,0—85,6 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 28,4 и 3,8 м. Суммарная производительность шести скважин в 1962 г. составляла 5 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Кроме группового водозабора в г. Молодечно эксплуатируются около 20 одиночных скважин, принадлежащих отдельным предприятиям. Всеми скважинами эксплуатируются водоносные горизонты московско-днепровских и днепровско-березинских отложений. Суммарная производительность этих скважин составляет около 6 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Перспективная потребность города в хозяйственно-питьевой воде в 78 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть полностью удовлетворена за счет эксплуатации водоносных горизонтов московско-днепровских и днепровско-березинских отложений путем строительства групповых водозаборов в радиусе до 5—6 км от г. Молодечно.

Город Новогрудок в течение многих лет испытывает острый недостаток в хозяйственно-питьевой воде. Плохая обеспеченность населения города хозяйственно-питьевой водой объясняется тем, что в сравнительно сложных в районе Новогрудка геолого-гидрогеологических условиях эксплуатационные на воду скважины бурились специализированными буровыми организациями без предварительной постановки поисково-разведочных работ и подсчета эксплуатационных запасов подземных вод. В связи с этим все пробуренные на территории Новогрудка скважины на воду оказались весьма низкодебитными.

В районе Новогрудка на породах кристаллического фундамента залегают толща осадочных отложений мощностью до 341 м. Осадочные отложения хорошо промыты и выщелочены и содержат в себе пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Незначительные дебиты пробуренных в Новогрудке эксплуатационных скважин объясняются слабой водообильностью на этих участках водовмещающих пород осадочной толщи.

Непосредственно в районе г. Новогрудка повсеместно развиты четвертичные отложения мощностью 100—217 м. Территория города находится в центральной, наиболее возвышенной части Новогрудской возвышенности. Этот участок является наиболее возвышенным в пределах

всей территории БССР. С поверхности здесь залегают конечноморенные отложения московского оледенения, представленные супесями и песками с гравием, галькой и валунами. Общая мощность конечноморенных отложений и основной московской морены составляет 44,8—117,5 м. Эта толща отложений практически является безводной. В верхней рыхлой части конечноморенных отложений скапливаются инфильтрационные воды типа верховодки, которые эксплуатируются бытовыми колодцами для хозяйственно-питьевых нужд.

В понижениях между конечноморенными грядами в окрестностях г. Новогрудка берут свое начало безымянные притоки р. Валовки. В долинах этих ручьев развиты современные аллювиальные отложения мощностью до 5 м.

Под моренными образованиями залегают московско-днепровские водноледниковые тонко-, мелко- и среднезернистые пески. Мощность их достигает 50—60 м. Весьма часто эти пески замещаются в вертикальном разрезе и по простирацию супесями. Водовмещающие тонко- и мелкозернистые пески характеризуются слабой водообильностью.

Московско-днепровские водноледниковые пески подстилаются днепровской мореной мощностью 18,4—46,9 м. На отдельных участках эта морена отсутствует.

Под днепровской мореной залегают днепровско-березинские водноледниковые отложения, представленные песками тонко- и мелкозернистыми, в редких случаях среднезернистыми, часто переслаивающимися с супесями. Мощность их колеблется от нескольких метров до 30 м. Кровля этих слабоводообильных отложений залегает на глубине от 56,4 до 190,8 м. Пьезометрические уровни межморенных водоносных горизонтов находятся на глубине 20—40 м от поверхности земли.

Ниже залегают дочетвертичные отложения, кровля которых весьма неровная, по-видимому, за счет размыва их в неогеновое и раннечетвертичное время. На отдельных участках древней речной сетью полностью размыты палеогеновые песчано-глинистые породы и под четвертичными отложениями залегает сенон-туронская мергельно-меловая толща.

Палеогеновые отложения мощностью до 5,4 м представлены мелко- и тонкозернистыми глинистыми слабоводообильными песками.

Сенон-туронская мергельно-меловая толща мощностью до 59,2 м также характеризуется незначительной водообильностью.

Нижележащие сеноманские мелко- и тонкозернистые пески мощностью в несколько метров являются водоносными, но водообильность их низкая.

Верхнемеловые отложения подстилаются нижнекембрийскими глинами с прослоями песчаников. Мощность их составляет 13,35—24,5 м. Кровля нижнекембрийских отложений в районе Новогрудка залегает на глубине около 316,5 м. К трещиноватым песчаникам приурочены пресные воды. Водообильность их незначительная.

Нижнекембрийская глинисто-песчаная толща подстилается выветрелыми слабоводообильными породами кристаллического фундамента.

В настоящее время хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Новогрудка осуществляется за счет подземных вод, в основном четвертичных и частично дочетвертичных отложений. В пределах города на территории различных предприятий расположено около 15 одиночных эксплуатационных скважин. Водоотбор из трех скважин городского водопровода равен 0,9 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, а общая производительность всех действующих в г. Новогрудке эксплуатационных скважин составляет лишь 3,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Для полного удовлетворения потребности г. Новогрудка в хозяйственно-питьевой воде в настоящее время и в перспективе Геолого-гидрогеологической экспедицией Управления геологии при СМ БССР в 1963—1964 гг. проведены поисково-разведочные работы в радиусе до 5 км от города. В результате выполнения этих работ в 2,0—4,0 км к северо-востоку от Новогрудка, в долине р. Валовки, выявлен участок, благоприятный для строительства водозабора производительностью 10,0—17,0 тыс. м³/сутки. На данном участке основным для эксплуатации является водоносный горизонт московско-днепровских межморенных флювиогляциальных отложений. Водовмещающие крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистые пески этого водоносного горизонта мощностью 5,0—45,0 м залегают на глубине 16,0—49,0 м.

Пьезометрические уровни в скважинах, расположенных в пойме безымянного ручья, устанавливаются на глубинах 2,0—11,8 м от поверхности земли. В химико-бактериологическом отношении воды этого водоносного горизонта характеризуются удовлетворительным качеством. При производстве в 1964 г. более детальных гидрогеологических исследований на этом участке из разведочно-эксплуатационных скважин получены дебиты 36—80 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 26 и 17 м. Дебит одной разведочно-эксплуатационной скважины почти равен суммарному дебиту всех действующих в г. Новогрудке 15 эксплуатационных скважин. Литологический состав пород и характер залегания водоносного горизонта московско-днепровских отложений, вскрытого и опробованного разведочно-эксплуатационными скважинами, являются характерными для всей разведанной линии водозабора на перспективном участке Валовка. Следовательно, на этом участке может быть заложено необходимое количество эксплуатационных скважин для получения 10—17 тыс. м³/сутки, что обеспечит настоящую и перспективную потребность г. Новогрудка в хозяйственно-питьевой воде.

Условия хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Орши за счет подземных вод весьма благоприятные. Этот город расположен на территории распространения франского водоносного комплекса. В трещиноватых и кавернозных известняках мощностью 30—40 м содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Этот водоносный комплекс напорный, величина напора колеблется от 6 до 45 м. Высоководообильная толща известняков и доломитов с дебитом скважин до 180,0 м³/час при понижении уровня воды на 1,25 м на отдельных участках вскрывается Днепром, что обуславливает гидравлическую связь подземных и поверхностных вод. На остальной части территории известняки и доломиты перекрываются четвертичными ледниковыми, водноледниковыми и аллювиальными отложениями. Мощность четвертичных отложений составляет 14—41 м. Преобладание среди четвертичных отложений песчаных водопроницаемых пород благоприятствует инфильтрации атмосферных осадков в нижележащие известняки и доломиты.

Под карбонатной толщей залегают отложения среднего и верхнего девона (швентойско-тартуские), представленные песками мелко- и тонкозернистыми с прослоями алевролитов. Мощность их составляет 190—200 м. В песках содержатся пресные воды, пригодные для питья.

В нижележащих среднедевонских, нижнекембрийских и верхнепротерозойских отложениях содержатся соответственно солоноватые, соленые воды и рассолы.

В настоящее время в г. Орше эксплуатируются два групповых водозабора «Северный» и «Липки».

Водозабор «Северный» расположен на северной окраине г. Орши, в междуречье Оршицы и Днепра. Он состоит из трех скважин, расположенных по вершинам треугольника. Расстояние между ними составляет около 300 м. Суммарный дебит трех скважин равен 6,6 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Водозабор «Липки» расположен на северной окраине г. Орши, на правом берегу р. Оршицы. Этот водозабор состоит из одной скважины и нескольких каптированных источников, выходящих в долине р. Оршицы. Производительность водозабора «Липки» составляет около 2,4 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

В г. Орше эксплуатируются также около 30 одиночных скважин, расположенных на территории отдельных предприятий. Суммарная производительность их равна примерно 20 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Одиночными скважинами и групповыми водозаборами эксплуатируется франский водоносный комплекс.

Перспективная потребность г. Орши в хозяйственно-питьевой воде в 83,5 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть полностью удовлетворена за счет эксплуатации франского водоносного комплекса. Отбор такого количества воды возможен путем дальнейшей эксплуатации существующих водозаборных сооружений, а также строительства новых групповых водозаборов. Наиболее благоприятные участки для строительства новых групповых водозаборов расположены в долине р. Днепра, в 2—7 км к юго-востоку и 4—9 км к северо-востоку от г. Орши.

Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Пинска в настоящее время и в перспективе могут служить подземные воды. В осадочных отложениях содержатся пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды.

В районе г. Пинска в долинах рек Припяти и Пины непосредственно с поверхности развиты современные болотные, аллювиальные и древнеаллювиальные отложения мощностью до 10—15 м, а на водоразделах распространены водноледниковые отложения днепровского и березинского оледенений и днепровская морена. Мощность днепровско-березинских водноледниковых песков, залегающих в интервале глубин от 13 до 35 м, достигает 14—21 м. Мощность четвертичных отложений достигает 20—35 м. Водообильность аллювиальных и водноледниковых песков незначительная. Дебит скважин, эксплуатирующих днепровско-березинский водоносный горизонт, изменяется от 6 до 17 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 9,0 и 4,5 м. Статические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 3—5 м от поверхности земли.

Четвертичные отложения подстилаются неоген-палеогеновым водоносным комплексом. Водовмещающие мелко- и тонкозернистые пески с прослоями глин имеют мощность 11,0—19,6 м.

Ниже залегает трещиноватая сенон-туронская мергельно-меловая толща мощностью 14,0—45,2 м. В долинах рек она залегает в интервале глубин от 20 до 65 м. Трещиноватость пород неравномерная как в вертикальном разрезе, так и по простиранию. Наибольшая трещиноватость мергелей и мела наблюдается в долинах рек Припяти и Пины. Дебиты скважин, эксплуатирующих сенон-туронский водоносный горизонт, колеблются в пределах от 20,9 до 59,8 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровней соответственно на 6 и 10 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 3—13 м ниже их устьев. В мергельно-меловой толще содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Общая жесткость их равна 7,5—11,6 $\text{мг} \cdot \text{экв}$, содержание железа достигает 2,4 $\text{мг}/\text{л}$. Таким образом, величина общей жесткости и содержание железа в воде превышают нормы соответствующих ГОСТов.

Под мергельно-меловой толщей в интервале глубин от 66,0 до 85,4 м залегают сеноманские мелко-, тонко- и крупнозернистые пески с прослоями песчаников. Мощность их составляет 1,5—15,8 м. Водобильность песков и песчаников незначительная.

Верхнемеловые отложения в районе г. Пинска повсеместно подстилаются верхнепротерозойскими глинами с прослоями алевролитов, мелкозернистых песков и рыхлых песчаников, мощность которых достигает 375,5 м. Они залегают в интервале глубин от 80,0 до 457,3 м. К пескам и песчаникам верхней части толщи отложений приурочены пресные воды, пригодные для питья. Буровыми на воду скважинами в г. Пинске вскрыта только верхняя часть толщи верхнепротерозойских отложений, залегающих в интервале глубин от 80 до 116 м. Дебиты этих скважин составляют 12—18 м³/час при понижении уровня воды соответственно на 49 и 15 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 5—7 м от поверхности земли.

Верхнепротерозойские отложения подстилаются архейскими гранодиоритами.

В настоящее время в г. Пинске действует групповой водозабор № 1, расположенный вблизи городского парка на левобережной пойме р. Пины, в районе слияния рек Пины и Припяти. Он состоит из пяти скважин, эксплуатирующих сенон-туронский водоносный горизонт. Скважины расположены вдоль р. Пины на расстоянии 150—475 м друг от друга, от русла р. Пины они удалены на расстояние 20—100 м и одна скважина находится на расстоянии 350 м. Дебиты скважин колеблются от 24 до 80 м³/час при понижении уровня соответственно на 16,75 и 13,9 м. Пьезометрические уровни находятся на глубинах 10,60—14,25 м от поверхности земли. Суммарная производительность пяти скважин составляет 5,3 тыс. м³/сутки.

Помимо группового водозабора № 1 в г. Пинске эксплуатируются около 18 одиночных скважин, расположенных на территории отдельных предприятий. Этими скважинами эксплуатируются в основном сенон-туронский и верхнепротерозойский водоносные горизонты. Единичные предприятия эксплуатируют одиночными скважинами водоносный горизонт днепровско-березинских отложений.

Перспективная потребность г. Пинска в хозяйственно-питьевой воде в количестве 134,5 тыс. м³/сутки может быть удовлетворена за счет эксплуатации сенон-туронского водоносного горизонта. Отбор такого количества воды возможен путем строительства групповых водозаборов в долинах рек в непосредственной близости от русел Пины и Припяти в радиусе до 10 км от г. Пинска.

Город Полоцк и Полоцкий нефтеперерабатывающий завод испытывают значительные трудности в обеспечении их хозяйственно-питьевой водой. Это объясняется отсутствием в районе г. Полоцка достаточного водообильных горизонтов с удовлетворительным для питья качеством воды.

В районе г. Полоцка широким распространением пользуются четвертичные отложения мощностью 60—70 м, а на участках глубоких врезов доледниковых долин — до 117—123 м. Они представлены аллювиальными, водноледниковыми и моренными отложениями днепровского, московского и валдайского оледенений. Основную часть разреза составляют моренные супеси и суглинки. Мощность московско-днепровских межморенных отложений составляет 1,00—38,45 м, а валдайско-московских — 8,8—33,7 м. Среди межморенных отложений в основном преобладают озерно-ледниковые и межледниковые супеси. Остальную часть толщи межморенных отложений составляют водноледниковые пески, мощность которых достигает 9 м.

В аллювиальных, покровных и межморенных водноледниковых отложениях содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого воды с повышенным содержанием железа (до 4,5—5,0 мг/л). Водобильность их в основном незначительная. Удельные дебиты скважин равны 0,2—6,7 м³/час.

В 35—38 км к северу от г. Полоцка четвертичные отложения подстилаются высоководобильными известняками и доломитами франского яруса верхнего девона, мощность которых составляет 9,9—43,4 м. Удельные дебиты скважин, эксплуатирующих франский водоносный комплекс, достигают 23,8 м³/час. Воды этого комплекса пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого с содержанием железа до 2 мг/л.

Непосредственно в районе г. Полоцка в основании четвертичных отложений залегают пески тонко-, мелко- и среднезернистые и алевролиты среднего и верхнего девона мощностью до 162 м. Гранулометрический состав песков невыдержан в вертикальном разрезе и по простирацию. Водобильность их характеризуется удельными дебитами скважин 0,18—3,24 м³/час. Швентойско-тартуский водоносный комплекс напорный. Величина напора составляет 29—79 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах до 20,4 м ниже их устьев. В долинах рек скважины самоизливаются и пьезометрические уровни устанавливаются до 4 м выше поверхности земли. Воды этого водоносного комплекса пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого с содержанием железа до 4,5 мг/л.

Ниже в прынуко-наровских отложениях среднего девона, а также в ордовикских и кембрийских отложениях содержатся солоноватые и соленые воды.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Полоцка в настоящее время используется водоносный горизонт московско-днепровских отложений и частично швентойско-тартуский водоносный комплекс. Эксплуатационными скважинами отбирается 8—10 тыс. м³/сутки. В результате эксплуатации указанных водоносных горизонтов наблюдается увеличение минерализации и изменение химического состава воды. В скважине, переданной в эксплуатацию в г. Ново-Полоцке в 1959 г., содержание хлоридов первоначально составляло 86 мг/л, а к концу июля 1961 г. оно достигало 138 мг/л. В скважинах, отбирающих в начале эксплуатации пресную воду из швентойско-тартуского водоносного комплекса, минерализация воды за двухлетний период эксплуатации их возросла до 1600 мг/л, при увеличении хлоридов от 650 до 850 мг/л.

В радиусе до 35—40 км от г. Полоцка наиболее перспективными для эксплуатации являются швентойско-тартуский водоносный комплекс и водоносные горизонты четвертичных отложений. Участки под строительство водозаборов должны быть размещены на площадях с достаточной водобильностью водовмещающих песков и отсутствием подтока солоноватых и соленых вод из нижележащих водоносных горизонтов.

Особое внимание следует уделить выявлению вблизи Зап. Двины участков с относительно выдержанным распространением и хорошей водоотдачей водноледниковых и древнеаллювиальных песков. Подземные воды этих отложений гидравлически связаны с водами Зап. Двины. При наличии хорошо проницаемых водноледниковых и древнеаллювиальных песков на расстоянии до нескольких сотен метров от Зап. Двины и залегания их ниже уреза воды в реке, в районе г. Полоцка могут быть сооружены инфильтрационные водозаборы, питающиеся преимущественно из реки.

Возможность обеспечения водоснабжения г. Полоцка в перспективе за счет эксплуатации водоносных горизонтов четвертичных отложений и швентойско-тартуского водоносного комплекса может быть установлена гидрогеологическими исследованиями.

Если эксплуатационные запасы пресных подземных вод по этим водоносным горизонтам окажутся незначительными, то для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Полоцка могут быть использованы подземные воды франского водоносного комплекса, который имеют повсеместное распространение в 35—38 км к северу от нефтеперерабатывающего завода. В франских трещиноватых и кавернозных известняках содержатся доброкачественные воды, гидравлически связанные с реками и озерами. Перспективная потребность г. Полоцка в хозяйственно-питьевой воде в количестве 286,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть удовлетворена путем строительства ряда групповых водозаборов. Для подачи воды в г. Полоцк потребуется заложить центральный водовод протяженностью около 38 км, к которому будет подаваться вода от групповых водозаборов, расположенных на ограниченной площади.

Современная и перспективная потребность г. Речицы в хозяйственно-питьевой воде может быть полностью удовлетворена за счет подземных вод.

В районе г. Речицы развиты современные и древнеаллювиальные отложения Днепра, водно-ледниковые отложения днепровского и березинского оледенений, а также днепровская морена. Аллювиальные отложения имеют мощность до 10,0—15,0 м, а днепровско-березинские водно-ледниковые пески — 8,4—11,9 м. Общая мощность четвертичных отложений составляет 22,0—47,75 м. В аллювиальных и водно-ледниковых преимущественно мелкозернистых песках содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Водообильность этих песков незначительная. При откачке из скважин, оборудованных фильтрами в интервале водоносного горизонта днепровско-березинских отложений, получены дебиты около 12 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня на 3,0 и 8,5 м. Водовмещающие породы залегают на глубине более 16 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на 15—16 м ниже их устьев.

Четвертичные отложения повсеместно подстилаются палеогеновыми и неогеновыми мелко- и среднезернистыми песками с прослоями песчаников и глин. Мощность их составляет 40—49 м. Водовмещающие пески мощностью 4,0—29,8 м залегают на глубине более 32 м. Дебиты скважин с сетчатыми фильтрами изменяются в пределах от 13 до 19 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды соответственно на 7 и 4 м. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах 2—15 м от поверхности земли. Подземные воды палеогеновых и неогеновых отложений гидравлически связаны с водоносными горизонтами четвертичных отложений и с Днепром.

Под палеогеновыми песчано-глинистыми породами на глубине более 67 м залегает сенон-туронская мергельно-меловая толща мощностью до 33 м.

Слабоводообильные сенон-туронские отложения подстилаются сеноманскими тонко-, мелко- и разномзернистыми песками мощностью 13—14 м, которые залегают на глубине более 103,5 м. Водообильность этих песков характеризуется дебитом скважин порядка 27 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды на 3 м. Статические уровни находятся на глубине до 16 м от поверхности земли.

Сеноманские пески подстилаются нижнемеловыми глинами с прослоями слабоводообильных мелкозернистых песков, мощность которых составляет 40—50 м. Водообильность этих песков характеризуется

дебитом скважин порядка $36 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня воды на 24 м. Ниже залегают юрские отложения мощностью несколько десятков метров, содержащие пресные воды.

В настоящее время в г. Речице действуют Центральный и Главный групповые водозаборы.

Центральный водозабор расположен в центре города, на правобережной пойме р. Днепра. Он состоит из четырех скважин, удаленных от русла реки до 50 м. Тремя скважинами эксплуатируется неоген-палеогеновый водоносный комплекс и одной — нижнемеловой водоносный комплекс. Дебиты скважин, оборудованных фильтрами в интервале неоген-палеогенового водоносного комплекса, составляют $10\text{--}25 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 14,69 и 20,10 м. Суммарная производительность трех скважин равна 1,5 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Дебит скважины, эксплуатирующей нижнемеловой водоносный комплекс, составляет 0,3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ при понижении уровня на 26,8 м. Общая производительность Центрального водозабора равна 1,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Главный водозабор находится в северо-западной части г. Речицы и состоит из трех скважин, расположенных в линию на расстоянии 250 м друг от друга. Расстояние от русла р. Днепра до ближайшей водозаборной скважины составляет 550 м. Водозабор эксплуатирует неоген-палеогеновый водоносный комплекс. Дебиты скважин колеблются от 20 до $30 \text{ м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 10,8 и 9,8 м. Производительность Главного водозабора составляет 1,7 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Кроме того, в г. Речице имеется около 30 одиночных скважин, расположенных на территории отдельных предприятий. Этими скважинами эксплуатируется в основном неоген-палеогеновый комплекс.

Перспективная потребность г. Речицы в хозяйственно-питьевой воде в количестве 78,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть удовлетворена за счет эксплуатации неоген-палеогенового водоносного комплекса. Для этих целей потребуются расширение двух действующих и строительство новых групповых водозаборов в радиусе до 6,0—7,0 км от г. Речицы. Участки под строительство групповых водозаборов необходимо выбирать с учетом максимального приближения их к р. Днепру.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение вновь построенного Светлогорска — одного из крупнейших центров химической промышленности республики, может быть полностью обеспечено за счет подземных вод.

В районе г. Светлогорска повсеместно распространены четвертичные отложения мощностью 35—46 м. Они представлены современными и древними аллювиальными отложениями р. Березины, водноледниковыми, ледниковыми и аллювиальными отложениями березинского, днепровского и московского оледенений, в которых содержатся пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды с содержанием железа до $3\text{--}5 \text{ мг/л}$. Подземные воды четвертичных отложений имеют тесную гидравлическую связь с р. Березиной. Наиболее водообильным является водоносный горизонт днепровско-березинских отложений.

В основании четвертичных отложений на глубине 35,0—45,8 м залегает неоген-палеогеновый водоносный комплекс. Водовмещающие породы мелко- и тонкозернистые пески с прослоями глин. Ниже с глубины 98,9 м залегают верхнемеловые (сенон-туронские и сеноманские) слабОВОДООбильные мергели, мел и пески, содержащие пресные воды.

Сеноманские пески на глубине около 213 м подстилаются юрскими известково-мергелистыми породами, содержащими пресные воды. Ниже залегает мощная толща палеозойских отложений (более 4000 м), в которой содержатся соленые воды и рассолы.

В 1962—1963 гг. Геолого-гидрогеологической экспедицией Управления геологии при СМ БССР проведены гидрогеологические исследования с целью выявления подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Светлогорска. В результате производства этих работ в 6 км к югу от города выявлены два участка для строительства водозаборов. По разведанным участкам подсчитаны и утверждены ГКЗ эксплуатационные запасы подземных вод водоносного горизонта днепровско-березинских отложений по состоянию на 1 января 1963 г. в следующих количествах: по категориям А—10,9 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$, В—10,9 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ и С₁—21 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Суммарные разведанные и утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод составляют 42,8 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Отбор потребного на перспективу количества воды в 139 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть обеспечен за счет эксплуатации водоносного горизонта днепровско-березинских отложений. Для этих целей потребуются строительство групповых водозаборов в долине р. Березины в радиусе до 8—9 км от г. Светлогорска.

Город Слоним расположен в благоприятных условиях для организации его хозяйственно-питьевого водоснабжения за счет подземных вод.

Мощность осадочных отложений, залегающих на породах кристаллического фундамента, достигает 146 м. Верхняя часть разреза сложена четвертичными аллювиальными, водноледниковыми и ледниковыми отложениями московского, днепровского и березинского оледенений. К осадочным отложениям и выветрелой зоне кристаллического фундамента приурочены пресные, гидрокарбонатно-кальциевые воды. Наиболее водообильными и перспективными для эксплуатации являются водоносные горизонты московско-днепровских, днепровско-березинских и древнеаллювиальных отложений.

В настоящее время в г. Слониме действует один групповой линейный водозабор, расположенный на южной окраине города, в пойме р. Щары. Он состоит из четырех скважин. Расстояния между ними составляют 65—130 м. От р. Щары они удалены на 35—200 м. Скважинами эксплуатируются водоносные горизонты древнеаллювиальных и московско-днепровских отложений, которые не имеют верхнего водупорного перекрытия и гидравлически связаны с р. Щарой. Дебит скважин составляет 35—40 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня соответственно на 3,4 и 2 м. Статические уровни в скважинах устанавливаются на глубине до 0,89 м от поверхности земли. Суммарный дебит четырех скважин в 1962 г. составлял 3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Кроме группового водозабора на территории отдельных предприятий г. Слонима эксплуатируются одиночные скважины.

Перспективная потребность г. Слонима в хозяйственно-питьевой воде в количестве 25,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$ может быть удовлетворена за счет эксплуатации водоносных горизонтов днепровско-березинских, московско-днепровских и древнеаллювиальных отложений. Для этих целей потребуются строительство групповых водозаборов в долине р. Щары в радиусе до 3—5 км от г. Слонима.

В районе г. Слуцка пресные подземные воды содержатся в четвертичных, неоген-палеогеновых, верхнемеловых и в верхней части девонских отложений. Подземные воды, более глубокозалегающих водоносных горизонтов и комплексов, непригодны для питья.

Среди четвертичных отложений водоносными являются современные аллювиальные, днепровско-московские и березинско-днепровские водноледниковые пески. Мощность водоносного горизонта московско-днепровских отложений составляет 0,5—10,7 м. Удельные дебиты сква-

жин колеблются от 0,4 до 4 м³/час. Пьезометрические уровни устанавливаются на 1,5—11,0 м ниже их устьев. Нижележащий водоносный горизонт днепровско-березинских отложений мощностью 6—20 м залегает на глубине 39,2—58,5 м. Удельные дебиты скважин, эксплуатирующих этот водоносный горизонт, равны 0,14—10,2 м³/час. Пьезометрические уровни находятся на глубине до 2 м от поверхности земли. В отдельных скважинах отмечены пьезометрические уровни на 0,5 м выше их устьев.

Ниже на глубине от 54 до 65 м залегает неоген-палеогеновый водоносный комплекс мощностью 6,5—17,8 м. Водовмещающими породами являются пески мелко- и среднезернистые. Дебит скважин 9—23 м³/час при понижении уровня соответственно на 10,5 и 1,0 м. Пьезометрические уровни в них устанавливаются на глубине 1,5—11,0 м от поверхности земли.

Сенон-туронский водоносный горизонт мощностью 6,5—19,0 м залегает на глубине 45—124 м и характеризуется слабой водообильностью. Удельные дебиты скважин достигают 0,2 м³/час.

Мощность нижележащего слабоводообильного сеноманского водоносного горизонта не превышает 8,0 м.

В верхней части толщи девонских отложений мощностью 19,0—71,5 м содержатся пресные воды. Эти отложения вскрываются на глубине от 87 до 131 м. В процессе откачек из скважин получены дебиты 7,4—79,9 м³/час при понижении уровня соответственно на 5,7 и 11,0 м.

В настоящее время на территории г. Слуцка отдельными предприятиями одиночными скважинами эксплуатируются водоносные горизонты московско-днепровских, днепровско-березинских отложений и неоген-палеогеновый водоносный комплекс.

Перспективная потребность г. Слуцка в хозяйственно-питьевой воде в 50 тыс. м³/сутки может быть обеспечена за счет эксплуатации неоген-палеогенового водоносного комплекса и водоносного горизонта днепровско-березинских отложений. Отбор этого количества воды может быть обеспечен путем строительства групповых водозаборов в долине р. Случь в радиусе до 4—6 км от г. Слуцка.

В г. Солигорске источником хозяйственно-питьевого водоснабжения служат подземные воды.

Четвертичные отложения в районе г. Солигорска имеют мощность 52,9—77,0 м. Они сложены современными аллювиальными, водноледниковыми и ледниковыми отложениями березинского, днепровского и московского оледенений. Грунтовые воды обычно загрязнены. Водообильность водоносных горизонтов московско-днепровских и днепровско-березинских отложений незначительная.

В основании четвертичных отложений залегает неоген-палеогеновый водоносный комплекс мощностью 6,0—35,6 м. Водовмещающими являются пески мелко- и среднезернистые.

Ниже на глубине порядка 90 м залегает сенон-туронский водоносный горизонт мощностью 14—15 м. Водообильность его незначительная. Дебит скважин достигает 0,8 м³/час при понижении уровня на 34 м.

В г. Солигорске имелось три групповых водозабора.

Водозабор на промплощадке, находящейся в 1,5 км к северу от г. Солигорска, состоит из шести скважин. В 1963 г. работали три скважины с дебитами 50—80 м³/час. Суммарная производительность трех скважин, эксплуатирующих неоген-палеогеновый водоносный комплекс, составляет 4,8 тыс. м³/сутки.

Групповой водозабор на втором Солигорском калийном комбинате расположен в 6 км к северо-западу от г. Солигорска. Он состоит из семи скважин, оборудованных фильтрами в интервале неоген-палеогено-

нового водоносного комплекса. В 1963 г. эксплуатировались три скважины с суммарной производительностью их около 3 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Водозабор на ст. Калий находится на расстоянии 5,5 км к северо-востоку от г. Солигорска. На этом водозаборе пробурено пять скважин глубиной до 58 м, эксплуатирующих днепровско-березинский водоносный горизонт. Дебит их достигал 40 $\text{м}^3/\text{час}$ при понижении уровня на 18—20 м. В 1963 г. водозабор вышел из строя в связи с тем, что эксплуатационные скважины были занесены песком.

Потребность г. Солигорска в хозяйственно-питьевой воде на перспективу составляет 54 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Это количество воды может быть получено за счет эксплуатации неоген-палеогенового водоносного комплекса путем строительства групповых водозаборов в долине р. Случь в радиусе до 7—10 км от г. Солигорска.

ГЛАВА VI

ОХРАНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Бурное развитие промышленности и сельского хозяйства в Белорусской ССР за послевоенные годы вызвало значительное увеличение мощности коммунальных и ведомственных водозаборов подземных вод и большой рост объемов эксплуатационного бурения на воду. Достаточно указать, что еще в 1962 г. в ряде городов (Минск, Гомель, Могилев, Витебск и др.) суммарная производительность водозаборов уже составляла от 50 до 230 тыс. м³/сутки и было введено в эксплуатацию на территории республики более 1500 скважин на воду. Такое интенсивное и всевозрастающее использование подземных вод для целей водоснабжения требует организации наиболее рациональной эксплуатации водоносных горизонтов и обеспечения надежной охраны их от истощения и загрязнения.

За последние годы в соответствии с постановлениями Правительства СССР были приняты меры по дальнейшему развитию и улучшению поисково-разведочных работ на подземные воды, усилению санитарной охраны подземных и поверхностных источников водоснабжения, упорядочению бурения эксплуатационных и разведочно-эксплуатационных скважин на воду. В результате этих мер уже на многих водозаборах существенно улучшилось санитарно-техническое состояние водозаборных сооружений и соблюдаются установленные режимы эксплуатации подземных вод и режимы зон санитарной охраны.

Постоянное осуществление мероприятий по упорядочению использования и охраны подземных вод, являющихся важнейшей задачей как гидрогеологической службы республики, так и всех организаций и предприятий, позволит обеспечить наиболее рациональную эксплуатацию водоносных горизонтов и длительное сохранение хорошего качества подземных вод. Вместе с этим следует отметить, что до последнего времени со стороны местных хозяйственных организаций не уделялось достаточного внимания этим важным вопросам.

Строительство водозаборов иногда производилось без детальных гидрогеологических исследований и санитарного обследования районов расположения водозаборных сооружений, а на участках, отведенных для полей фильтрации, биологических прудов, свалок мусора и складирования отходов производства, не предусматривалось проведение мероприятий по предотвращению загрязнения подземных вод. Не обеспечивалась необходимая очистка промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, а сброс их не был упорядочен. Все это в ряде районов БССР привело к загрязнению поверхностных водотоков и водоемов, отдельных участков почвы и водоносных горизонтов, а также возникновению больших понижений уровней подземных вод в пределах отдельных территорий.

В настоящее время имеются данные о признаках загрязнения водоносного горизонта московско-днепровских отложений на территории г. Минска и промплощадке Солигорского калийного комбината № 1, а также аллювиальных вод в районах крупных промышленных городов.

Качество вод этого межморенного горизонта зависит от мощности и степени водопроницаемости покрывающей его московской морены, характера связи межморенных вод с поверхностными водами, а также от санитарного состояния и благоустройства территории города.

На участках групповых водозаборов минского «Водоканалтреста», удаленных до 5 км от центра города и находящихся в удовлетворительном санитарном состоянии, воды межморенного горизонта имеют хорошее качество и на протяжении длительного периода работы водо-

заборов (15—25 лет) химический состав их остается постоянным.

Иная картина наблюдается на участках, примыкающих к рекам Свислочи, Слепянке и биологическим прудам города. Здесь качество воды в большинстве эксплуатационных скважин заметно ухудшается за счет увеличения общей минерализации, содержания хлоридов, кальция и магния. Все это говорит о возможных путях загрязнения межморенного водоносного горизонта, источником которого являются реки Свислочь, Слепянка и биологические пруды.

Указанные реки служат приемниками сильнозагрязненных сточных вод промышленных предприятий г. Минска.

Наблюдениями Минской санэпидемиологической станции и Белорусского научно-исследовательского санитарно-гигиенического института в 1962—1963 гг. установлено, что содержание загрязняющих компонентов в воде рек Свислочи и Слепянки постепенно возрастает от северной до южной границы города и в районе водохранилища автозавода становится весьма высоким (NH_4^+ — 6—9 мг/л, Сб^- — 50—60 мг/л, окисляемость 13—15 мг O_2 /л, биохимическая потребность кислорода за пять суток, БПК₅ — 50—60 мг/л).

Поступление (фильтрация) загрязненных речных вод в межморенный водоносный горизонт происходит через «окна» в московской морене и через относительно водопроницаемые породы (супеси и др.). Процесс этот же более усиливается при эксплуатации межморенных вод водозаборными сооружениями, расположенными в прибрежных зонах рек.

Установлено, что за период с 1958 до 1962 г. в воде многих скважин на участках, примыкающих к рекам Свислочи и Слепянке, наблюдается рост хлоридов на 10—30 мг/л, кальция на 10—20 мг/л, магния на 1—7 мг/л, общей жесткости на 0,5—3 мг · экв/л.

Относительно повышенное содержание в воде межморенного горизонта органических веществ (окисляемость до 3 мг/л) и железа (до 0,5—3 мг/л) также, по-видимому, следует отнести за счет загрязнения водоносного горизонта поверхностными водами. Фронт загрязнения подземных вод распространяется от берегов рек Свислочи и Слепянки в центральной части города, примерно, на 300—500 м, а на южной окраине его на 700—1000 м.

Расширение фронта загрязнения в южном направлении может быть связано с постепенным ухудшением химического состава воды в указанных реках по течению, а также с влиянием расположенных на южной окраине г. Минска биологических прудов и водохранилища автомобильного завода.

Городские биологические пруды были созданы в 1960 г. на территории полей фильтрации, начало работы которых относится к 1930 г. Общая площадь полей фильтрации составляла около 125 га, в настоящее время большая часть ее (около 65—70%) занята биологическими прудами. В пруды поступает неосветленная сточная жидкость, содержащая преимущественно хозяйственно-фекальные стоки городской канализации. После отстаивания сточная вода специальными выпусками отводится в р. Свислочь.

За последние годы наблюдается значительная перегрузка биологических прудов в связи с быстрым ростом количества сточных вод. В 1962 г. нагрузка прудов составляла около 1600 м³/сутки на 1 га при допустимой средней величине ее до 300—350 м³/сутки на 1 га. Отсюда степень очистки сточных вод на городских биологических прудах является весьма низкой, что вызывает большое загрязнение вод р. Свислочь в районе автомобильного завода.

С 1930 по 1960 г. Белорусским научно-исследовательским санитарно-гигиеническим институтом проводились наблюдения за качеством межморенных вод на территории, примыкающей к полям фильтрации и биологическим прудам.

Отмечается, что по скважинам, расположенным на расстоянии 3 км (Красное уроч.) от заливаемых площадок, за 30 лет действия полей — прудов изменения химического состава воды не наблюдалось (Каган, 1961).

В первые годы не было обнаружено изменений и в близкорасположенных (в 10—75 м) к заливаемым участкам скважинах. Только в 1947 г., т. е. через 17 лет после пуска полей фильтрации в эксплуатацию, отмечено увеличение концентрации солей, постепенно нараставшее в последующие годы и резко изменившее химический состав подземных вод этого района. Достаточно указать, что на расстоянии до 300 м от заливаемых площадок (скважина Сантреста) с 1947 по 1959 г., в воде межморенного горизонта наблюдался рост содержания сульфатов с 13 до 62 мг/л, хлоридов с 4 до 49 мг/л, кальция с 54 до 102 мг/л, магния с 12,5 до 22,5 мг/л.

Рост концентрации солей почти не сопровождался увеличением количества органических веществ и ухудшением бактериального состава воды. Коли-титр в воде даже самых близких к биологическим прудам скважин (в 10 и 75 м) был выше 1000, а количество колоний в 1 мл не более 10.

В связи с наличием на участке биологических прудов относительно мощной морены, покрывающей межморенный водоносный горизонт, а также наблюдавшимся длительным постоянством качества воды в расположенных здесь скважинах (до 17 л с начала эксплуатации полей фильтрации) накопление солей в подземных водах происходит в основном не за счет подсосывания или инфильтрации сточных вод, а за счет диффузии ионов, обусловленной разностью их концентрации в воде межморенного горизонта и почвенной воде, загрязненной сточной жидкостью (Каган, 1961).

Не исключая возможности роста концентрации солей в межморенном горизонте вследствие диффузии ионов, нельзя не учитывать существенной роли в этом процессе полей — прудов и подсосывания эксплуатационными скважинами загрязненных промышленными и хозяйственно-фекальными стоками вод рек Свислочи и Слепянки, протекающих в 100—800 м от заливаемых площадок и скважин, на которых проводились наблюдения Белорусским санитарно-гигиеническим институтом.

Прогрессирующее загрязнение межморенного водоносного горизонта на участках, примыкающих к рекам Свислочи, Слепянке и к городским биологическим прудам, в дальнейшем может привести к ограничению использования межморенных вод для хозяйственно-питьевых и производственных нужд в этих районах. Это обстоятельство требует принятия решительных мер по охране подземных вод на территории г. Минска от загрязнения. К первоочередным из них следует отнести: обеспечение необходимого санитарного режима рек Свислочи, Слепянки и Лошицы, повышение эффективности очистки промышленных и хозяйственно-фекальных сточных вод, вынос всех коммунальных очистных сооружений за пределы города.

Процесс загрязнения (засоления) московско-днепровского межморенного водоносного горизонта также наблюдается на участках солеотвала и хвостохранилища Солигорского калийного комбината № 1 в Любаньском районе Минской области. Воды этого горизонта имеют удовлетворительные химико-бактериологические показатели и

широко используются для хозяйственных и питьевых надобностей промышленными и сельскохозяйственными организациями района.

Водовмещающие породы, слагающие межморенный горизонт в районе калийного комбината, представлены в основном разно- и среднезернистыми кварцевыми песками с включением гальки и гравия мощностью от 30 до 50 м. Сверху они покрываются относительно маломощными (от 1 до 13 м) и хорошо водопроницаемыми водноледниковыми и моренными отложениями московского ледника.

Ниже межморенных песков залегают в виде отдельных небольших линз и прослоев моренные суглинки днепровского оледенения и подморенные мелко- и среднезернистые пески с включением гальки и гравия.

Днепровская морена и подморенные пески подстилаются неоген-палеогеновыми отложениями, представленными водоносными мелкозернистыми кварцевыми и кварцево-глауконитовыми песками мощностью 35—50 м, поэтому воды этих горизонтов гидравлически связаны.

Сохранение хорошего качества вод межморенного горизонта и неоген-палеогенового водоносного комплекса в районе расположения Солигорских калийных комбинатов при недостаточной защищенности их сверху от загрязнения и планируемом в дальнейшем значительном увеличении водоотбора из этих горизонтов приобретает сейчас особо важное значение. К сожалению, при строительстве первого комбината этому вопросу не уделялось должного внимания, что привело к загрязнению (засолению) почвы и подземных вод, источниками которого являются временные солеотвал и хвостохранилище комбината.

Временный солеотвал создан в 1959 г. и расположен в 1,5 км к северу от промплощадки комбината. Площадь его составляет 4 га. На площадке солеотвала складировается около 100 тыс. м³ пустых пород и сильвинитовой руды, извлеченных при проходке стволов шахт.

Экранирование площадки солеотвала не производилось. Временное хвостохранилище создано в 1961 г. и расположено в 1 км к югу от промплощадки комбината. Площадь его равна 4,5 га. На площадке хвостохранилища уложен глинистый экран толщиной 16 см. Однако эффективность этого экрана оказалась низкой в связи с размывом его сбрасываемой рапой и слабыми защитными свойствами использованной для экранизации глины.

По данным Института геологических наук в г. Минске (Н. И. Парфенова) на площадке временного солеотвала Солигорского калийного комбината № 1 происходит интенсивный процесс засоления пород и подземных вод.

В естественных условиях содержание водорастворимых солей в моренных супесях и суглинках, залегающих в основании солеотвала, составляет сотые и тысячные доли процента. Общее содержание этих солей (в основном NaCl и KCl) увеличилось примерно через год после начала складирования галита и сильвинита (летом 1961 г.) до 2—3% на глубине до 0,5 м и до 0,1—0,6% на глубине до 3—4 м от поверхности земли. Еще через год (летом 1962 г.) породы до глубины от 3 до 7—8 м стали содержать водорастворимых солей уже более 1%. Вертикальный процесс засоления пород на площадке солеотвала имеет преимущественно диффузивный характер и резко преобладает над горизонтальным.

Воды московско-днепровского водоносного горизонта в районе Солигорского калийного комбината являются пресными и общая минерализация их достигает 0,3—0,4 г/л.

Наблюдениями за химсоставом воды из скважин, вскрывших верхнюю часть межморенного водоносного горизонта, установлено, что к весне 1962 г. в 5—45 м от контура солеотвала вниз по подземному потоку минерализация межморенных вод возросла до 1,98—5,31 г/л.

Низкая эффективность глинистого экрана и размыв его на площадке временного хвостохранилища комбината дает основание предполагать, что и здесь происходит не менее интенсивный, чем на площадке солеотвала, процесс засоления пород и подземных вод. Прогрессирующее засоление почвы и подземных вод представляет известную опасность для водозаборов комбината, расположенных в 1—2,5 км от очагов засоления. Значительный рост отбора воды из межморенного и неоген-палеогенового водоносных горизонтов на действующих водозаборах и связанное с этим развитие районной воронки депрессии может вызвать подсосывание засоленных вод с участков расположения площадок солеотвала и хвостохранилища.

Для того чтобы предотвратить дальнейшее засоление почвы и подземных вод в районе калийного комбината № 1 необходимо обеспечить создание эффективного экрана на площадке постоянного солеотвала, ликвидировать временные солеотвал и хвостохранилище и устранить возможность засоления почвы на территории промплощадки при транспортировке сильвинитовой руды (для ее переработки и размола) и пустых пород (каменной соли) на площадку солеотвала.

Вместе с этим следует проводить систематические наблюдения за уровнями, дебитом и химическим составом воды на всех эксплуатационных скважинах комбината.

Гидрогеологическими исследованиями, выполненными на территории БССР за послевоенный период установлено наличие значительных участков загрязнения подземных вод, приуроченных к аллювиальным отложениям речных долин в районах крупных промышленных населенных пунктов (города Гомель, Бобруйск и др.).

Аллювиальные воды на этих участках имеют неудовлетворительный химико-бактериологический состав (низкий коли-титр, высокая окисляемость, азотистые соединения) и не могут быть использованы для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Загрязнение водоносных горизонтов аллювия обычно связано со сбросами в поймы рек неочищенных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод.

Следует также отметить, что в практике работы коммунальных и ведомственных водозаборов подземных вод наблюдались случаи загрязнения воды на отдельных эксплуатационных скважинах, в основном связанные с нарушением режима зон санитарной охраны или неудовлетворительным санитарно-техническим состоянием водозаборных сооружений. Проведение необходимых санитарно-охранных мероприятий на водозаборах в этих случаях сравнительно быстро обеспечивало восстановление хорошего качества подземных вод.

Данные гидрогеологических исследований в БССР за последние годы дают основание говорить о снижении уровней подземных вод на участках отдельных водозаборов, в результате отбора больших количеств воды.

Примерами такого заметного снижения уровней воды могут служить данные по нижнекембрийскому (гдовскому) водоносному комплексу в районе г. Минска и московско-днепровского межморенного водоносного горизонта в г. Полоцке.

Интенсивная эксплуатация гдовского водоносного горизонта в г. Минске началась с 1957—1958 гг. без предварительной оценки эксплуатационных запасов его вод.

В последующие годы водоотбор из этого горизонта продолжал непрерывно возрастать и в 1962 г. достиг 52 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Данные по режиму эксплуатации нижнекембрийских вод, собранные и обобщенные Белорусской гидрогеологической станцией Управления геологии при СМ БССР, позволили установить, что с 1957 г. в связи с ростом водоотбора наблюдается снижение пьезометрического уровня гдовского водоносного комплекса и развитие районной депрессионной воронки. К 1962 г. динамические уровни воды в эксплуатационных скважинах в центральной части города опустились до глубины 80—100 м, вследствие чего резко снизились дебиты отдельных скважин.

Продолжающееся под влиянием эксплуатации формирование обширной районной депрессионной воронки и связанное с этим снижение динамического уровня в ряде эксплуатационных скважин должно быть рассмотрено с точки зрения рационального расположения скважин на этот водоносный горизонт в районе г. Минска, и установления допустимой нагрузки на скважину.

Необходимо отметить, что снижение уровня пресных напорных вод гдовского водоносного комплекса не сопровождается изменением их химического состава, что, по-видимому, говорит о надежной его защите водоупорными породами.

Однако в дальнейшем при интенсивной эксплуатации гдовского водоносного комплекса и снижении депрессионной воронки может возникнуть опасность повышения минерализации воды этого комплекса за счет подтока снизу минерализованных хлоридно-натриевых вод.

В целях установления допустимых снижений уровней воды при эксплуатации скважин и предотвращения возможного засоления воды, необходимо рассмотреть вопрос о прекращении бурения новых скважин, осуществить мероприятия по рассредоточению и частичному уменьшению водоотбора из гдовского водоносного комплекса на территории города с учетом естественных и эксплуатационных ресурсов. Вместе с этим следует продолжать систематическое наблюдение за дебитом, уровнями и качеством воды на эксплуатационных скважинах с тем, чтобы в ближайшие два-три года получить материалы для подсчета эксплуатационных запасов пресных вод в районе г. Минска и определения оптимального режима эксплуатации водозаборных сооружений.

Практика использования подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения в г. Полоцке из водоносного горизонта московско-днепровских отложений дает характерный пример подсасывания минерализованных вод среднего девона в процессе эксплуатации водозабора.

Водоносный горизонт московско-днепровских отложений, содержащий напорные преимущественно гидрокарбонатно-хлоридно-кальцево-магнєвые воды с минерализацией до 0,5—0,6 г/л, повсеместно распространен на территории г. Полоцка и эксплуатируется небольшим количеством одиночных буровых скважин для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения мелких промышленных предприятий и хозяйственных организаций города.

В процессе эксплуатации водозаборных сооружений полоцкого водопровода наблюдалось прогрессирующее ухудшение качества воды межморенного горизонта. Так, по имеющимся данным за период с 1930—1935 по 1948 г., минерализация воды из скважин городского

водопровода увеличилась с 0,5 до 1,0 г/л, общая жесткость с 6,42—7,14 до 12,5 мг·экв, а содержание в воде хлоридов возросло с 13—100 до 426 мг/л.

В пробе воды, отобранной из скв. 2 в июле 1948 г. отмечалось наличие сульфатов в количестве 70 мг/л, а натрия и калия (в сумме) около 196 мг/л, в то время как в начале эксплуатации скважин содержание в воде сульфатов не превышало 10—15 мг/л, а щелочных металлов 10—40 мг/л.

Как видно, за указанный период наряду с увеличением общей минерализации происходило изменение и типа минерализации межморенных вод и если в начале периода эти воды являлись гидрокарбонатно-хлоридно-кальциево-магниевыми, то в конце его они стали хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциево-магниевыми. Такое значительное засоление воды московско-днепровского горизонта на участке Полоцкого водозабора, сделавшее ее непригодной для питьевых и хозяйственных надобностей, явилось следствием подсосывания при эксплуатации водозабора хлоридно-сульфатно-натриевых вод девона. В связи с этим в 1949 г. эксплуатация скважин полоцкого водопровода была прекращена и водоснабжение города переведено на поверхностные воды (р. Зап. Двина).

Засоление пресных подземных вод в Полоцком районе происходит и в настоящее время. По данным М. Ф. Козлова, при эксплуатации скв. 2 с дебитом около 40 м³/час, расположенной на территории пос. Полоцкого и вскрывшей тартуский водоносный горизонт, за период с сентября 1960 г. по август 1961 г. наблюдалось увеличение минерализации воды с 552 до 588 мг/л, содержание хлора с 112,3 до 138,0 мг/л и щелочных металлов (Na⁺+K⁺) с 63,3 до 69,7 мг/л. Расчеты показывают, что если засоление швентойско-тартуского водоносного комплекса здесь будет происходить и в дальнейшем с такой интенсивностью, то через 10—12 лет они могут стать непригодными для питья и хозяйственных надобностей.

Все это позволяет заключить, что на участках, примыкающих к Зап. Двине в Полоцком районе, при сосредоточенном отборе воды из межморенного или швентойско-тартуского водоносных горизонтов, может произойти относительно быстрое засоление этих горизонтов. Отсюда следует, что в прибрежной зоне реки указанные горизонты не могут являться источниками постоянного водоснабжения крупных водопотребителей. Однако не исключается возможность использования здесь пресных подземных вод отдельными колхозами, совхозами и небольшими промышленными предприятиями, потребность в воде которых обычно не превышает 5—10 м³/час. При этом необходимо строго соблюдать установленный режим эксплуатации водозаборных сооружений, исключающий преждевременное засоление водоносного горизонта, а также проводить систематические наблюдения за уровнями, дебитом и качеством воды на всех эксплуатационных скважинах.

Приведенные случаи нарушения режима подземных вод в основном относятся к периоду до 1960 г., когда вопросам охраны подземных источников водоснабжения еще не уделялось достаточного внимания.

В начале 1960 г. в соответствии с постановлением Правительства СССР были разработаны и в настоящее время выполняются мероприятия по упорядочению использования подземных вод и усилению их охраны от истощения и загрязнения. С этого же времени Управлением геологии при СМ БССР осуществляется государственный контроль за использованием и охраной подземных вод на территории

республики. В связи с этим с 1960 г. бурение новых эксплуатационных скважин на воду, переоборудование разведочных скважин в эксплуатационные, строительство и переоборудование водозаборных сооружений для использования подземных вод на производственные и хозяйственно-питьевые нужды в БССР производится только на основе соответствующей проектной документации и с разрешения Управления геологии при СМ БССР.

Организациями Управления геологии при СМ БССР проводится обследование групповых водозаборов подземных вод в городах и на промышленных предприятиях республики и вместе с заинтересованными ведомствами принимают меры по улучшению работы водозаборных сооружений и их санитарно-технического состояния.

На многих водозаборах проводятся систематические наблюдения за уровнями, дебитом и качеством воды, а по отдельным районам интенсивного водоотбора (города Минск, Гомель, Могилев и др.) собираются и обрабатываются материалы по всем скважинам на воду за многолетний период.

В последнее время получили значительное развитие работы по региональной оценке эксплуатационных запасов и естественных ресурсов подземных вод и изучению их режима на территории Белорусской ССР и отдельных ее промышленных районов, а также детальные гидрогеологические исследования на участках действующих и вновь проектируемых водозаборов. В городах и на промышленных предприятиях принимаются меры по 1) эффективной очистке и упорядочению сброса сточных вод; 2) проектированию площадок для складирования отходов производства; 3) улучшению благоустройства и санитарного состояния городских и заводских территорий.

Однако нельзя не отметить, что отдельные вопросы, связанные с использованием и охраной подземных вод, решаются еще слишком медленно, а в работе организаций и предприятий по строительству и эксплуатации водозаборов имеется немало недостатков.

На многих групповых водозаборах подземных вод в городах и на промышленных предприятиях не выделяются два пояса зон санитарной охраны (города Брест, Бобруйск, Витебск); допускаются нарушения требования к зоне первого пояса (города Минск, Бобруйск, Витебск); своевременно не проводится ликвидация скважин, непригодных для дальнейшей эксплуатации (города Минск, Гомель).

В связи с неудовлетворительным снабжением предприятий и организаций водомерами, не обеспечивается необходимый учет производительности скважин, что весьма затрудняет соблюдение установленного режима эксплуатации водозаборных сооружений и значительно обесценивает данные режимных наблюдений на водозаборах.

В отдельных районах еще продолжается загрязнение поверхностных водотоков плохо очищенными сточными водами коммунальных и промышленных предприятий. Интересы рационального использования и охраны подземных вод в республике настоятельно требуют устранения в ближайшее время отмеченных выше недостатков. Большая роль в решении этой важной задачи отводится органам контроля. Однако следует иметь в виду, что действенный контроль за охраной подземных источников водоснабжения может осуществляться только тогда, когда контролирующий орган располагает материалами, позволяющими надежно устанавливать районы, условия и особенности возможного истощения и загрязнения подземных вод. Эти материалы должны содержать сведения о распространении водоносных горизонтов, степени их разобщенности, изоляции их от загрязнения, соотношении пьезометрических уровней до и в процессе эксплуатации, об эксплуа-

тационных запасах подземных вод и величине водоотбора по основным водоносным горизонтам и районам, о характере и масштабе источников загрязнения. Также необходимо иметь и постоянно накапливать материалы наблюдений за дебитом, динамическими уровнями и качеством воды на водозаборах в районах интенсивной эксплуатации для того, чтобы получить возможность своевременно выявлять начавшееся истощение или загрязнение подземных вод. В связи с тем, что ранее при проведении гидрогеологических съемок и составлении гидрогеологических карт не уделялось достаточного внимания изучению, как защитить водоносные горизонты от загрязнения сверху, и качества подземных вод, в настоящее время эти вопросы по отдельным районам БССР остаются еще далеко не решенными. Поэтому наряду с дальнейшим развитием всех видов геологических исследований в республике возникает необходимость в организации и проведении гидрогеологических работ по контролю за использованием и охраной подземных вод.

По рекомендации Института ВСЕГИНГЕО (В. И. Владимирский, Е. Л. Минкин) эти работы должны сопровождаться:

1. Составлением комплекса гидрогеологических карт, отражающих данные о распространении основных водоносных горизонтов и очагов возможного загрязнения; мощностей и распространения водопорных толщ, характеристикой состояния существующего водоснабжения с указанием водозаборов, основных показателей их работы и выделенных зон санитарной охраны, эксплуатационных запасов и естественных ресурсов подземных вод.

2. Изучением естественного и нарушенного эксплуатацией режима подземных вод в районах интенсивного водоотбора или очагов возможного загрязнения водоносных горизонтов.

Гидрогеологические карты следует составлять в первую очередь по крупным промышленным районам БССР с использованием материалов гидрогеологических съемок и других геологических, буровых, разведочных и съемочных работ. При недостаточности указанных материалов для составления карт необходимо проводить дополнительные полевые гидрогеологические исследования по специально разработанной программе.

В условиях Белоруссии изучение режима подземных вод должно проводиться на всех городских и ведомственных групповых водозаборах, в районах крупных химических предприятий (Солигорские калийные комбинаты, Полоцкий нефтеперерабатывающий завод), на участках заметного нарушения режима подземных вод — сработка уровней, ухудшение качества воды и др. (Минск, Полоцк, Солигорский комбинат № 1).

Совершенно очевидно, что для успешного выполнения гидрогеологических работ и решения многих вопросов по контролю за охраной подземных вод большое значение будут иметь научные исследования в этой области.

Эти исследования должны быть направлены на разработку методики составления гидрогеологических карт и указаний по охране подземных вод, методики региональной оценки эксплуатационных запасов подземных вод и разработку более совершенных и точных методов установления зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения.

Представляет также большой практический интерес конструирование более совершенных приборов и аппаратуры для контроля состояния оборудования буровых скважин и автоматической фиксации динамических уровней воды в них, а также установления оптималь-

ных сроков работы этих скважин при различных режимах эксплуатации водозаборов.

Своевременное и качественное выполнение этих исследований позволит в самое ближайшее время поставить дело использования и охраны подземных вод от истощения и загрязнения на строго научную основу.

ГЛАВА VII

ГИДРОГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Территория БССР особенно богата месторождениями калийной и каменной солей, торфом, агрорудами, а также минерального сырья, строительных материалов (карбонатных пород, глин гравия, песка и др.).

Месторождения калийной и каменной солей приурочены к Припятской впадине и связаны с верхнедевонскими отложениями (соленосные свиты). Толща полезного ископаемого безводная (сухая).

Месторождения торфа приурочены к торфяным массивам, имеющим широкое распространение на всей территории БССР. Агроруды в основном представлены луговым мергелем, сапропелем и фосфоритами. Луговой мергель и сапропель связан с озерно-болотными отложениями, а фосфориты — с сеноманскими отложениями верхнего отдела меловой системы.

Из строительных материалов широкое распространение имеют месторождения карбонатного сырья — доломиты и мел. Месторождение доломитов имеется только на территории Витебской области, где оно связано с отложениями франского яруса верхнего девона в пределах западной части Подмосковного (Оршанского) артезианского бассейна. Толща полезного ископаемого (доломиты) здесь является водовмещающими породами франского водоносного комплекса. Месторождения мела широко распространены в восточных (Могилевская и Гомельская области) и западных (Гродненская и Брестская области) районах Белоруссии. В восточных районах эти месторождения связаны с коренным залеганием мела на склонах Белорусского гидрогеологического массива; толща полезного ископаемого является водовмещающими породами сенон-туронского водоносного горизонта. В западных районах БССР, в пределах склонов этого же гидрогеологического массива, толща полезного ископаемого залегает в виде отторженцев мела среди моренных отложений московского оледенения.

Широкое распространение имеют месторождения кирпично-черепичных глин и песчано-гравийного материала. Месторождения кирпично-черепичных глин в северных районах Белоруссии связаны в основном с озерно-ледниковыми отложениями (ленточные глины).

На других участках Белоруссии эти месторождения генетически связаны с современными и древнеаллювиальными, надвалдайскими и надмосковскими флювиогляциальными отложениями, как и с моренными образованиями валдайского и московского оледенений, а также третичными отложениями.

Месторождения песчано-гравийного материала генетически связаны с золовыми, древнеаллювиальными, надвалдайскими и надмосковскими флювиогляциальными отложениями. Толща полезного ископаемого в древнеаллювиальных отложениях имеет обычно форму пла-

стового залегания, реже линзообразную и входит в состав водовмещающих пород древнеаллювиального водоносного горизонта. Среди флювиогляциальных отложений полезная толща месторождений песчано-гравийного материала входит в комплекс обводненных пород надвалдайского и надмосковского флювиогляциального водоносного горизонта.

Месторождения минерального сырья строительных материалов разрабатываются открытыми карьерами обычно на участках с благоприятными гидрогеологическими условиями и, где полезная толща залегает или сравнительно неглубоко, или выходит на дневную поверхность. В настоящее время в связи с возросшей потребностью в строительных материалах разрабатывается и обводненная толща полезного ископаемого.

В юго-восточной части Белоруссии проводится глубокое поисково-разведочное бурение с целью нахождения промышленной нефти.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

В послевоенные годы в Белоруссии было выявлено и разведано Старобинское месторождение калийных солей, которое по своим запасам является одним из крупнейших в СССР. Месторождение калийных солей в настоящее время разрабатывается шахтным способом Солигорским калийным комбинатом № 1 (годовая добыча сырых калийных солей составляет 6 млн. т). Сейчас строится второй и в 1964 г. приступили к строительству третьего комбината. Рабочие горизонты калийных солей здесь приурочены к соленосной свите верхнего девона, которые залегают на участке стволов шахт второго строящегося калийного комбината на глубине 464,53 и 601,54 м.

Перекрывается соленосная свита глинисто-мергелистыми (надсолевыми) образованиями того же возраста. На надсолевой свите залегают меловые, третичные и четвертичные отложения, общая мощность которых не превышает 147 м. Мощность глинисто-мергелистой толщи равна 238—267 м.

Горно-технические и гидрогеологические условия шахтного поля благоприятны для эксплуатации калийных солей. Соленосная свита безводна. Штреки и ствол шахты с глубины 200 м от устья не имеют явных следов обводненности. Глинисто-мергелистая свита обводнена только в верхней своей части на глубину 65—75 м. Расчетный водоприток в ствол шахты по данным откачек из глинисто-мергелистой свиты с интервала от подошвы мела до глубины 175 м от поверхности земли равнялся $47,5 \text{ м}^3/\text{сутки}$ при минерализации воды около 2 г/л.

Дебит скважины, вскрывшей воду в меловых отложениях, равнялся $19,9 \text{ м}^3/\text{сутки}$ при понижении уровня воды на 5 м; коэффициент фильтрации писчего мела составлял $0,043 \text{ м}/\text{сутки}$. Водообильным является горизонт палеоген-неогеновых отложений, представленный в основном мелкозернистыми песками. Залегают эти отложения на глубине 51—66 м от поверхности земли. Мощность их равна 34,0 м. Пьезометрический уровень устанавливается на глубине 12—19 м ниже поверхности земли. При понижении пьезометрического уровня на 10 м дебит скважины в зависимости от гранулометрического состава водовмещающих пород, изменяется от 600 до $1728 \text{ м}^3/\text{сутки}$. Коэффициент фильтрации песков составляет $3,23 \text{ м}/\text{сутки}$ (средний для всего участка шахтного поля).

Значительно меньшую водообильность имеет горизонт четвертичных отложений, мощность которых здесь равна 34—56 м. Дебит сква-

жин колеблется от 69 до 400 $\text{м}^3/\text{сутки}$, при понижении уровня воды на 7—12 м; коэффициент фильтрации водовмещающих пород изменяется от 0,03 до 1,8 $\text{м}/\text{сутки}$. Водовмещающие породы представлены преимущественно мелкозернистыми глинистыми песками.

Воды палеоген-неогеновых и четвертичных отложений широко используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Стволы шахт проходились в искусственно замороженных грунтах на глубину до нижней обводненной границы отложений надсолевой толщи.

ОБВОДНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ

Каменная соль разведана на участке Мозырского месторождения, находящегося в Мозырском районе Гомельской области в 140 км к юго-западу от г. Гомеля и в 5 км южнее г. Мозыря.

Разведанная площадь составляет 0,5 км^2 . На базе этого месторождения намечается строительство солепромысла для обеспечения сырьем проектируемого крупного химического комбината. Разработка месторождения предусматривается методом подземного выщелачивания.

Месторождение приурочено к солянокупольной структуре длиной 4,0—4,5 км и шириной 1,5 км в пределах Припятского артезианского бассейна. К четвертичным отложениям, представленным флювиогляциальными разнотерристыми песками с прослоями валунных суглинков (морена), приурочены надднепровский и подморенный флювиогляциальные водоносные горизонты. Мощность водоносных горизонтов составляет 11—27 м, горизонты залегают на глубине 11—34 м. Дебит скважин колеблется в пределах от 216 до 806 $\text{м}^3/\text{сутки}$, при понижении уровня воды на 4,5 и 6,0 м.

Ниже залегает неоген-палеогеновый водоносный комплекс, водовмещающие породы которого представлены разнотерристыми песками мощностью 79—90 м. Водоносный горизонт напорный и является основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Дебит скважин колеблется в пределах от 168 до 1728 $\text{м}^3/\text{сутки}$ при понижении уровня воды соответственно на 2,5 и 11 м.

Под палеоген-неогеновыми отложениями на глубине 113—120 м залегает сенон-туронский водоносный горизонт, мощность которого равна 53—63 м. Водовмещающие породы представлены писчим мелом. Водоносный горизонт здесь отличается весьма слабой водообильностью. Дебит скважин колеблется от 3 до 120 $\text{м}^3/\text{сутки}$ при понижении уровня воды на 65 и 120 м.

Ниже залегает юрский водоносный комплекс, представленный алевролитовыми глинами, мелкозернистым песком и монолитными известняками в верхней части разреза. Общая мощность отложений составляет около 75—80 м. Дебит скважины, вскрывшей юрский водоносный комплекс непосредственно на участке месторождения, равнялся 276 $\text{м}^3/\text{сутки}$ при понижении уровня воды на 20 м.

Мезо-кайнозойские отложения, находясь здесь в зоне активного водообмена, содержат пресную воду.

Еще ниже залегает триасовый водоносный комплекс, сложенный плотными глинами и мергелями с прослойками тонкозернистого песка, с которыми связана обводненность. Мощность отложений составляет 230—320 м. Водообильность комплекса пород весьма незначительная, дебит скважин колеблется в пределах от 24 до 72 $\text{м}^3/\text{сутки}$ при понижении уровня воды соответственно на 35 и 259 м. Минерализация воды равна 28—78 г/л.

Под триасовыми отложениями на глубине 475—563 м залегает надсолевая толща верхнего девона. Мощность толщи составляет 138—236 м, представлена брекчированными известково-глинистыми породами с редкими прослоями ангидрито-карбонатных пород, залегающих в контакте с соляной толщей. Обводнена только верхняя часть надсолевой толщи. Дебит скважин с этого обводненного интервала колебался от 6 до 79 м³/сутки при понижении уровня воды на 24 и 393 м. Нижняя часть этой толщи, ее контакт с соленосной толщей и сама соленосная толща до глубины 1500 м от поверхности земли безводные.

ОБВОДНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ

Крупные месторождения карбонатного сырья в коренном залегании разрабатываются в восточной части БССР, где наблюдаются выходы доломитовых пород франского яруса верхнего девона и писчего мела сенон-туронского яруса верхнего отдела мела.

Доломиты в настоящее время разрабатываются в районе г. Витебска на месторождениях Руба и Верховье. Оба месторождения приурочены к первой надпойменной террасе р. Зап. Двины в пределах западной части Московского (Оршанского) артезианского бассейна.

Сильнотрещиноватые доломиты, являющиеся здесь водовмещающими породами франского водоносного комплекса, в значительной своей части залегают ниже уровня р. Зап. Двины. Абсолютная отметка меженного уровня реки составляет 132,6 м. Дебит скважин, вскрывших воду в доломитах, достигает 528,8 м³/час при понижении уровня воды на 3,25 м. Коэффициент фильтрации доломитов на участках месторождений равен 100,6—146,9 м/сутки.

Площадь действующего карьера на месторождении Руба равна 4,5 га, а на месторождении Верховье — 3,1 га. Глубина отработки полезного ископаемого равна 8—9 м. Приток воды на участке месторождения Руба при понижении уровня воды в карьере на 4,5 м равен 45 788 м³/сутки в меженный период и 66 903 м³/сутки — в весенний паводок. При том же понижении приток воды в карьер месторождения Верховье в весеннее половодье достигает 65 679 м³/сутки.

В весенний период, когда уровень воды в Зап. Двине повышается до абс. отметки 137,5 м, приток воды в карьер увеличивается на 30—40%. Для борьбы с водой в карьере месторождения Руба установлена водоотливная станция, состоящая из четырех насосов КДН-16 производительностью 1500 м³/час каждый. Во время паводка, когда уровень воды в карьере достигает абс. отметки 137,5 м, в круглосуточную работу включаются два или три насоса, которые откачивают воду из карьера и поддерживают уровень воды на отметке 132 м, что дает возможность вести разработку доломитов двумя уступами: надводным до отметки 132,5 м и подводным до отметки 127,6 м. Вода из карьера на обоих месторождениях по трубам отводится в Зап. Двину, дно которой здесь порожистое; пороги образованы выходами доломитизированных известняков.

Месторождения писчего мела в коренном залегании разрабатываются в Могилевской и Гомельской областях, где они обычно приурочены к долинам рек Днепра и Сожа в пределах Белорусского гидрогеологического массива. Полезная толща мела в значительной своей части обводнена и является водовмещающими породами сенон-туронского водоносного горизонта. При разработке мела на Кричевском цементном заводе на правом берегу р. Сожа (в 170 м от русла) фактический водоприток в карьере, на горизонте ниже меженного уровня реки, со-

ставлял 8640 $\text{м}^3/\text{сутки}$. Площадь этого карьера составляет 2 га, глубина отработки мела—5 м.

Расчетные значения водопритоков в карьер новых разведанных месторождений мела в восточных районах БССР обычно находятся в пределах 4320—9840 $\text{м}^3/\text{сутки}$ при площади карьера 10 га и глубине отработки полезной толщи 13 м. Река Сож от этих новых разведанных месторождений мела протекает на расстоянии не более 280—300 м. Абсолютная отметка уровня реки в межень равна 136,3 м, уровень подземных вод залегает на абс. отметке 134 м. По данным опытных откачек коэффициент фильтрации мела в коренном залегании на участке речных долин Днепра и Сожа, вблизи их русел, равен в среднем 7,2 $\text{м}/\text{сутки}$. Особенно высокой водообильностью отличаются горизонты полезной толщи месторождений, расположенных вблизи речных долин Зап. Двины, Днепра и Сожа, где развита наиболее сильная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород.

В западной части Белоруссии (Брестская и Гродненская области) крупные месторождения карбонатного сырья расположены в пределах Белорусского гидрогеологического массива и представлены только мелом, залегающим в виде отторженцев в толще ледниковых отложений. Размеры их иногда достигают 300—2000 м длины и 50—100 м ширины (Гродненская обл.). Обычная их мощность составляет 15—25 м, но в отдельных случаях достигает 148 м. На таких месторождениях мела как сама полезная толща, так и вмещающие отторженец ледниковые отложения обычно слабо обводнены.

Степень обводненности месторождения мела в отторженном залегании не везде одинакова. На разведанном месторождении Колядичи (Волковыский район, Гродненская обл.) на одном участке отторженца мел имеет коэффициент фильтрации 0,018—0,045 $\text{м}/\text{сутки}$, а на другом, более обводненном, достигает 1,56 $\text{м}/\text{сутки}$. Воды, содержащиеся в отторженцах мела, обладают напором; для участка месторождения Колядичи этот напор достигает нескольких метров. На основании произведенных гидрогеологических расчетов было установлено, что в первую стадию разработки мела Колядичи, при площади карьера, равной 2 га, и выемке полезного ископаемого на глубину 50 м, приток воды из обводненной толщи мела составит около 2112 $\text{м}^3/\text{сутки}$.

О слабой водообильности отторженцев мела можно также судить по величине фактического притока воды в действующий карьер цемзавода «Победа», расположенного в 2 км от р. Россь, вблизи разведанного для эксплуатации месторождения мела Колядичи. Абсолютная отметка дна карьера равна 111,88 м, отметка уреза воды реки в межень—122,38 м. Глубина разработки карьером полезной толщи мела (отторженца) составляет 30 м или на 10,5 м ниже отметки уреза воды р. Россь в ее межень. Площадь действующего карьера равна 17—18 га. Фактический приток воды в карьер из полезной толщи мела в 1961—1962 гг. составлял около 1920 $\text{м}^3/\text{сутки}$.

В период конечной стадии разработки мела радиус влияния карьера выйдет за пределы отторженца и вода в карьер будет уже поступать в основном из вмещающих полезное ископаемое обводненных пород, представленных обычно песками разного гранулометрического состава. Коэффициент фильтрации этих песков, являющихся в районе месторождения Колядичи водовмещающими породами московско-днепровского аллювиально-флювиогляциального водоносного горизонта, равен 0,48—3,90 $\text{м}/\text{сутки}$. По данным гидрогеологических расчетов величина водопритока в последней стадии разработки месторождения Колядичи (площадь карьера 40 га; глубина выемки мела 50 м) составит около 4800 $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Для многих западных районов БССР в отличие от восточных характерна слабая обводненность писчего мела не только в отторженном, но и в коренном залегании.

ОБВОДНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КИРПИЧНО-ЧЕРЕПИЧНОГО СЫРЬЯ

Месторождения кирпично-черепичных глин в большинстве случаев приурочены к четвертичным отложениям, имеющим в пределах Белоруссии повсеместное распространение и большую мощность. Крупные промышленные месторождения глин приурочены также к неогеновым отложениям в пределах Столинского района Брестской области (Полесская седловина Белорусского гидрогеологического массива).

Гидрогеологические условия для разработки месторождений в большинстве случаев благоприятные. Сравнительно редко встречаются месторождения, где добыча могла бы быть осложнена значительным притоком в карьер подземных вод. Вскрышные породы, мощность которых не превышает 3,5—4,5 м, как правило, слабо обводнены. Коэффициенты фильтрации этих пород (обычно мелкозернистые глинистые пески) изменяются в пределах от 0,001 до 0,1 м/сутки. Долглетняя практика работ на месторождениях показала, что приток воды в карьере из вскрышных пород составляет не более 50 м³/сутки.

При разработке месторождений глин основное поступление воды в карьер наблюдается из перекрывающих полезную толщу обводненных песков.

Месторождение тугоплавких глин Токарня в Столинском районе Брестской области расположено в 3 км от р. Горынь на ее первой надпойменной террасе. Месторождение представлено залежью неогеновых глин длиной 900 м, при ширине от 200 до 400 м. Средняя мощность залежи равна 4 м. Подстилающими породами для глин являются однородные тонкозернистые пески с коэффициентом фильтрации 0,45—3,32 м/сутки, являющиеся водосодержащими породами неоген-палеогенового водоносного комплекса. Абсолютная отметка уреза воды р. Горынь в районе месторождения в межень равна 132,7 м. Фактический приток подземных вод в действующий карьер месторождения глин Токарня при длине карьера 100 м, ширине около 10 м и глубине отработки полезного ископаемого на 4 м не превышает 288 м³/сутки.

Разведанное месторождение аллювиально-озерных глин Дубовцы, расположенное в 9,5 км на северо-северо-запад от Волковыского цемзавода и в 1 км от р. Россь, правого притока р. Немана, представляет собой залежь длиной 600—650 м и шириной 150—350 м. Средняя мощность полезной толщи глин составляет 6,0—8,7 м. Глины подстилаются мелкозернистыми глинистыми песками московско-днепровского аллювиально-флювиогляциального водоносного горизонта со средним коэффициентом фильтрации 0,32 м/сутки. Расчетные значения водопритока в карьер (отработка на полную мощность) на первой стадии разработки (площадь 2 га) составляет около 492,0 м³/сутки, а на последней (площадь 17 га) — около 1120 м³/сутки.

Разведанное крупное месторождение озерно-ледниковых глин и суглинков Веприн, состоящее из четырех обособленных залежей площадью от 30 до 130 га, расположено в 4 км от р. Сожа, в районе Кричевского цемзавода. Мощность залежи глин и суглинков составляет 4,2—5,0 м. Расчетные значения водопритока в карьер из подстилающих полезное ископаемое флювиогляциальных песков (отработка на полную мощность) на первой стадии разработки (площадь карьера 3 га) составляет около 1258 м³/сутки и на конечной стадии (площадь карьера 24 га) — около 3384 м³/сутки. Средний коэффициент фильтрации пес-

ков на участке месторождения глин и суглинков Веприн равен 5,1 м/сутки.

ОБВОДНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОГО МАТЕРИАЛА

Месторождения песчано-гравийного материала в основном ледникового происхождения приурочены к холмам и грядам конечных морен, камам, озам и друмлинам, а также к флювиогляциальным отложениям, развитым в краевых частях конечноморенных гряд. Крупные месторождения песчано-гравийной смеси также располагаются в пределах речных долин, где они приурочены к древнеаллювиальным отложениям.

Крупные месторождения гравия большей частью сильно обводнены, особенно при разработке нижнего горизонта полезной толщи. В настоящее время при современной технике для разработки песчано-гравийного материала вода уже не является помехой, так как последняя используется для промывки гравия. Первым таким месторождением в республике, где «карьерная» вода будет использоваться для промывки гравия, является месторождение Кирши, расположенное в 21 км к северо-западу от Минска. Мощность полезного ископаемого составляет 4,0—24,9 м. Месторождение связано с флювиогляциальными отложениями времени отступления московского оледенения в пределах Белорусского гидрогеологического массива.

Водоносный горизонт надмосковских флювиогляциальных отложений приурочен к нижней части полезной толщи. Водовмещающие породы представлены песками разного гранулометрического состава с большим содержанием гравия и гальки. Коэффициент фильтрации песчано-гравийного материала равен 61,8 м/сутки. Расчетные значения водопритока в карьер (площадь 1 га; глубина отработки в среднем на 10 м) составляет 12 252 м³/сутки. Потребный расход воды для сортировки гравия равен 3500 м³ в смену, таким образом приток воды в карьер полностью обеспечивает эту потребность.

Второе крупное месторождение песчано-гравийного материала Селище расположено на первой надпойменной террасе р. Днепра. В 12 км к югу от г. Орши (в пределах западной части Московского артезианского бассейна) полезная толща месторождения представлена древнеаллювиальными отложениями и залегает здесь пластообразно под вскрышными породами, представленными разнозернистыми песками и лёссовидными суглинками. Мощность полезного ископаемого составляет 1—8 м, коэффициент фильтрации песчано-гравийного материала равен 82,5—88,4 м/сутки. Мощность вскрышных пород изменяется от 0,2 до 4,5 м. Подстиляется полезное ископаемое водоупорными моренными суглинками. Абсолютная отметка меженного уровня р. Днепра равна 149,28 м, абсолютная отметка кровли обводненной полезной толщи составляет 157,28 м. Расчетные значения водопритока в карьер (площадь 1 га; отработка на полную мощность) составляют около 1044—1118 м³/сутки.

Вода из многих карьеров, разрабатывающих то или иное полезное ископаемое, откачивается насосами, в других случаях, если позволяют уклоны участка, отводится канавой. Вода во вскрышных породах обычно отводится дренажными канавами.

ОБВОДНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ

В 1963 г. на территории БССР было разведано крупное месторождение строительного камня Микашевичи с запасами по промышленным категориям свыше 55 млн. м³. Месторождение расположено в 0,6 км на запад от г. пос. Микашевичи, на участке близкого залегания от поверхности земли пород кристаллического фундамента в пределах По-

лесской седловины Белорусского гидрогеологического массива. Полезное ископаемое представлено диоритами, гранодиоритами, гранитами и жильными фациями — диоритовыми порфиритами, аплитами, пегматитами, корсанитами и плагиогранитами. На глубину 13 м кристаллические породы затронуты выветриванием.

Мощность вскрышных пород составляет 8,5—44,1 м. Представлены они обводненными древнеаллювиальными, флювиогляциальными и палеоген-неогеновыми мелкозернистыми глинистыми песками. В связи с отсутствием сплошных водоупоров вся эта толща вскрышных обводненных отложений представляет собой один водоносный комплекс. Дебит скважин, получающих воду из этого комплекса отложений, не превышает 96,0 м³/сутки при понижении уровня воды на 4,5 м. Статический уровень воды в скважинах устанавливается на глубине 1,25—2,1 м ниже поверхности земли.

Выветрелая и трещиноватая зона пород кристаллического фундамента содержит напорную воду и в гидрогеологическом отношении представляет собой протерозойско-архейский водоносный комплекс. Дебит скважин, вскрывших воду в полезной толще строительного камня, не превышает 12 м³/сутки при понижении уровня воды на 3 м. Пьезометрический уровень воды в скважинах устанавливается примерно на той же глубине, что и в скважинах, вскрывших воду в выше-лежащем водоносном комплексе пород.

По данным гидрогеологических расчетов приток воды в карьер из вскрышных пород при площади карьера, равной 227 га, и величине понижения уровня воды на 13,5 м (средняя мощность обводненных вскрышных пород) составит 3458 м³/сутки, а из полезной толщи при глубине отработки на 10 м — около 1330 м³/сутки.

ОБВОДНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОРФА

Белоруссия обладает огромными торфяными ресурсами, которые используются в основном как топливо, а также в качестве удобрений. Торфяные массивы площадью от нескольких гектаров до десятков тысяч более или менее равномерно распространены на всей территории БССР.

Торфяная залежь разделяется на два горизонта: деятельный до глубины 1,2—1,5 м, ниже залегает инертный — практически водонепроницаемый. Для торфяной залежи имеет большое значение деятельный слой, через который в основном удаляется вода путем устройства специальных дренажных канав с площади месторождения торфа. Инертный горизонт в естественных условиях болотного массива, являясь относительным водоупором, в стоке не участвует; в этом горизонте содержится более 90% объема связанной с органическими веществами воды.

Уровень воды в торфяной залежи залегает на глубине 0,15—0,75 м и более ниже поверхности земли. Дебит скважин, вскрывших воду в слаборазложившемся торфе, колеблется от 0,25 до 0,47 м³/час при понижении уровня на 0,7 м, в среднеразложившемся — от 0,06 до 0,18 м³/час при понижении уровня на 0,75—1,07 м и в хорошо разложившемся он равен 0,003 м³/час при понижении уровня воды на 1,05 м. Средняя величина коэффициента фильтрации торфа равна 1,0—1,2 м/сутки.

Торфяная залежь характеризуется весьма слабой водообильностью, благодаря чему на суходольных участках гидрогеологические условия не являются препятствием для разработки его месторождений. Торфопредприятия обычно разрабатывают торфяную залежь мощностью не менее 3,0—4,5 м.

ГЛАВА VIII

МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ — ИСТОЧНИК ПРОМЫШЛЕННОГО СЫРЬЯ

На территории юго-восточной части БССР в отложениях палеозоя (Припятский артезианский бассейн) широко развиты рассолы с минерализацией до 300 г/л и более, содержащие промышленное количество хлористого натрия, калия, брома, йода и других ценных компонентов.

С отложениями перми, карбона и верхнего девона (франского и фаменского ярусов) связаны хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией до 350 г/л, в низах верхнего девона и в отложениях среднего девона (живетский ярус) появляются хлоридно-натриево-кальциевые и хлоридно-кальциево-натриевые рассолы с минерализацией, достигающей более 400 г/л и высоким содержанием брома и йода.

Все эти рассолы вскрываются глубокими скважинами; в северной части Припятского артезианского бассейна (по линии тектонических нарушений Слуцк—Глусск—Паричи) они выходят на дневную поверхность в виде источников соленых хлоридно-натриевых вод.

Величина концентрации рассолов, их состав и содержание различных микроэлементов обусловлены в основном широким развитием в отложениях палеозоя мощных толщ каменной соли, являющихся региональными водоупорами в пределах всей впадины. Верхняя толща соли залегает на глубине от 336,8 до 2592,0 м, нижняя — от 745 до 3334 м.

На основе обобщения материалов и проведенных исследований (1959—1963 гг.) * выяснено, что в пределах Припятского артезианского бассейна выделяется ряд различных по степени концентрации и химическому составу горизонтов минерализованных вод — рассолов в отложениях перми, карбона, надсолевых, внутрисолевых, межсолевых и подсолевых отложениях девона, нижнего кембрия и верхнего протерозоя. Краткая их характеристика приводится ниже.

1. Воды пермских отложений, приуроченные в основном к пескам и песчаникам верхнего отдела, являются преимущественно хлоридно-натриевыми с минерализацией на глубине 596—693 м, колеблющейся от 40,1 до 78,5 г/л. Содержание в них йода незначительное (менее 1 мг/л), брома до 33,3 мг/л (скважины Брагина, Анисимовки, Прудка, Слободки). Водообильность песков и песчаников характеризуется дебитами скважин от 29 до 140 м³/сутки (табл. 61).

2. Воды карбоновых отложений заключены в мергелях, известняках, песках и песчаниках. Глубина залегания пород карбона составляет 195—1017 м, их мощность в зонах солянокупольных структур и поднятий пород кристаллического фундамента не превышает 100 м, в депрессиях возрастает до 1000—1500 м и более.

* Институтом геологических наук БССР, Управлением геологии при СМ БССР, частично ВНИГРИ.

Таблица 61

Данные о скважинах, вскрытых минерализованные воды в отложениях терри и карбона

Местонахождение скважин	Интервал оформления, м	Геодези- ческий высоты	Абс. отм. статического уровня воды, м	Дебит, м ³ /сутки (числитель) поверх. и уровня, м (знаменатель)	Удельный вес, г/см ³	Химический состав формы Кэрона	Отношение $\frac{Na}{Cl}$
Прудок К-18	580-600	P ₂	86,8	$\frac{448}{30}$	1,07	$M_{10}Br_{11} \frac{Cl}{Na 18}$	0,96
Прудок К-33	620-623	P ₁	-	-	1,03	$M_{10}Br_{10}B_{13} \frac{Cl 48}{Na 17}$	0,97
Ангильмовка, 1	687-693	P ₁	100	$\frac{140}{100}$	1,03	$M_{12}Br_{14} \frac{Cl 18}{Na 46}$	0,96
Братин, 1	672-674	P ₁	-	$\frac{29}{485}$	1,03	$M_{11}Br_{11}(B_{12})_4 \frac{Cl 18}{Na 17}$	0,94
Свободка, 2	686-692	P ₁	-	-	1,06	$M_{11}Br_{10}I_{10}B_{10} \frac{Cl 19}{Na 17}$	
Свободка, 2	670-708	C ₂ -P ₁	-	-	1,07	$M_{11}Br_{10}I_{10}B_{10} \frac{Cl 19}{Na 17}$	
Свободка, 2	745-750	C ₂	-	-	1,08	$M_{10}Br_{10}I_{10}B_{10} \frac{Cl 19}{Na 17}$	0,94
Елка, 4	1081-1088	C ₂	-825,1	-	1,07	-	0,97
Свободка, 2	905-925	C ₂	-	-	1,11	$M_{11}Br_{10}I_{10}B_{10} \frac{Cl 49}{Na 17}$	0,95
Буйновцы, 2	614-613	C ₁	79,1	$\frac{200}{195}$	1,03	$M_{10}Br_{11}I_{14}(B_{12})_4 \frac{Cl 49}{Na 18}$	0,98
Елка, 4	1221-1227	C _{1V}	-11,4	$\frac{\sim 300}{-}$	1,15	$M_{10}Br_{10}I_{10}B_{10} \frac{Cl 49}{Na 18}$	0,98
Нарвала, 5	1101-1130	C ₁	31,9	$\frac{124}{111}$	1,14	$M_{10} \frac{Cl 50}{Na 18}$	0,96
Нарвала, 5	1041-1017	C ₁	39,2	$\frac{51,4}{86,3}$	1,13	$M_{18} \frac{Cl 50}{Na 18}$	0,96

В отложениях карбона известны минерализованные воды различной концентрации. В центральной части Припятского артезианского бассейна (Ельская, Мозырская депрессии) распространены хлоридно-натриевые рассолы (рис. 24). Они вскрыты скважинами в районе Сло-

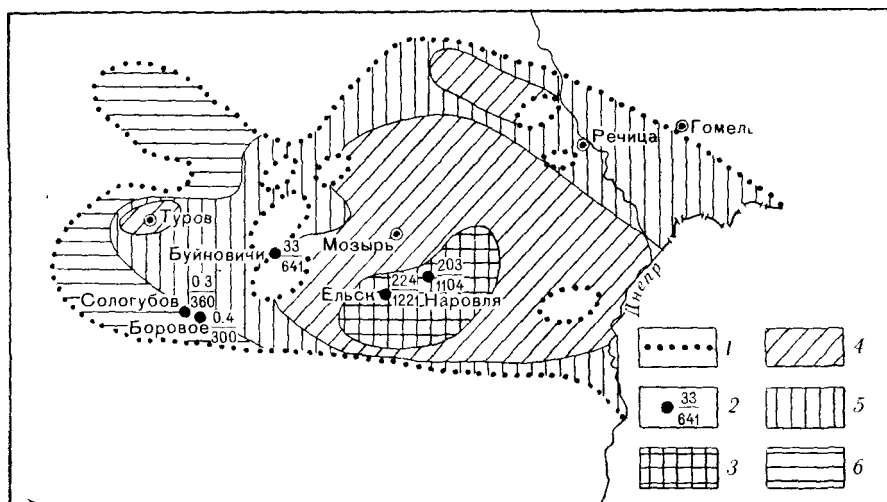


Рис. 24. Схематическая карта распространения и минерализации подземных вод нижнего карбона. Составила Л. К. Берзина, 1963

1 — граница распространения отложений нижнего карбона; 2 — буровые скважины, вскрывшие подземные воды в отложениях нижнего карбона (числитель — минерализация воды, г/л, знаменатель — глубина опробования, м); 3 — зона хлоридно-натриевых рассолов с минерализацией более 200 г/л; 4 — зона хлоридно-натриевых соленых вод и рассолов с минерализацией 50–200 г/л; 5 — зона соленых вод с минерализацией 1–50 г/л; 6 — зона пресных вод

бодки (1, 2), в интервале 745–1019 м; их минерализация составляет 109–148 г/л, содержание брома достигает 67 мг/л, йода — 0,1–0,5 мг/л. В скважинах Наровли и Ельска, на глубине 1044–1227 м, минерализация рассолов увеличивается до 185–224 г/л (см. табл. 61). Вскрытые воды — напорные. Пьезометрические уровни в скважинах устанавливаются на глубинах от –11,4 до +39,2 м абсолютной высоты. Наиболее водообильными являются пески и песчаники турнейского яруса. Дебиты скважин изменяются от 51,4 до 300 м³/сутки.

3. Воды в надсолевых отложениях девона распространены в песчано-глинистых и карбонатных породах данково-лебедянских и озерно-хованских слоев фаменского яруса. Эти отложения залегают на глубине от 230 до 1946 м. Надсолевые отложения в центральной части впадины содержат высококонцентрированные хлоридно-натриевые рассолы (рис. 25). В скважинах района Ельска в интервале 1500–2498 м они имеют минерализацию 227–315 г/л; в Мозырской опорной скважине рассолы с минерализацией 278–309 г/л вскрыты в интервале 2147–2513 м. Содержание в них брома колеблется от 4 до 325 мг/л, стронция до 30 мг/л и незначительное содержание других микроэлементов (табл. 62).

Снижение минерализации рассолов в надсолевых отложениях отмечается по мере уменьшения глубины их залегания. В районе Буйновичей и Наровли на глубине 650–745 м минерализация рассолов снижается до 73–176 г/л. Они содержат очень малое количество брома (1,5 мг/л), йода (менее 1 мг/л) и других микроэлементов. Температура воды колеблется от 35 до 46°С. Дебит скважин в Наровлянском, Ельском, Буйновичском, Мозырском районах колеблется от 15,0 до

97,9 м³/сутки. Пьезометрические уровни устанавливались на глубинах от —307,7 до +168,7 м абсолютной высоты.

4. Воды во внутрисолевых отложениях девона в пределах Припятского артезианского бассейна повсеместно представляют высококонцентрированные хлоридно-натриевые рассолы. Они залегают в прослоях и линзах песчано-глинистых и карбонатных пород нижней и верхней соленосных толщ.

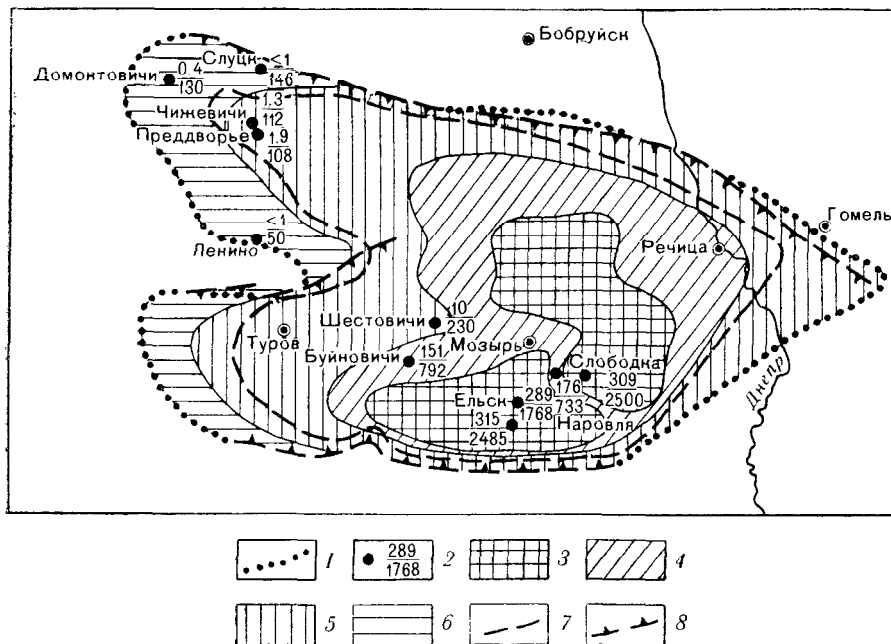


Рис. 25. Схематическая карта распространения и минерализации подземных вод надсолевых отложений девона. Составила Л. К. Берзина, 1963

1 — граница распространения надсолевых отложений девона; 2 — буровые скважины, вскрывшие подземные воды в надсолевых отложениях девона (числитель — минерализация воды, г/л, знаменатель — глубина опробования, м); 3 — зона хлоридно-натриевых рассолов с минерализацией более 200 г/л; 4 — зона хлоридно-натриевых рассолов с минерализацией 100—200 г/л; 5 — зона соленых вод с минерализацией 1—100 г/л; 6 — зона пресных вод; 7 — граница распространения соленосных толщ; 8 — линии региональных тектонических нарушений кристаллического фундамента

В районе Ельска в нижней части разреза верхнесолевых елецко-данково-лебединских слоев (скважины 7, 17, 18) в интервале глубин 2462—2788 м вскрыты высококонцентрированные хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией до 246—335 г/л (табл. 63). Они имеют высокую степень метаморфизации с коэффициентом $\frac{Na}{Cl}$, равным 0,88—0,94 м.

В них содержится до 1152 мг/л брома и 0,2—0,5 мг/л йода. Отличительной их особенностью является значительное содержание сероводорода (до 372,3 мг/л), аммония (до 5216 г/л), углеводов (9,8%) и редких газов (7,6%). Температура рассолов составляет 22—45° С.

В процессе бурения из указанных скважин наблюдался самоизлив подземных вод. Давление по манометру на устьях скважин при самоизливе достигало 65—90 атм; дебит — 1680—1728 м³/сутки. Хлоридно-натриевые рассолы в толще отложений верхней соли (глубина 1610—2415 м) получены скважинами в районе Выступовичей (Демидов); их минерализация равна 283—310 г/л, содержание брома достигает 531 г/л, йода — 2—3 мг/л. Температура воды в зависимости от глубины зале-

Таблица 42

Данные о составных, вскрышных расколах в нагасахвых отложениях ледника (D₃d₃=0)

Местонахождение скважины	Интервал образования м	Мас. част. груды вскл. л. волн. л.	Детит. в г/см ³ составляющих показ. уровня, л. (г/см ³)	Удельный вес, г/см ³	Химический состав (формула скважины)	Среднее $\frac{Na}{Cl}$
Скважина 1 (Мозырская скважина)	2500-2513	-515	$\frac{221}{18}$	1,20	$M_{20}Br_{43}(CO_3)_{19}Sr_{100}Na_{49}Ca_5$	0,67
Скважина 1 (Мозырская скважина)	2120-2147	-286	$\frac{97,9}{20}$	1,19	$M_{25}Na_{49}Ca_5$	0,66
Нарома, 1	612-630	-307,7	$\frac{10,7}{470}$	1,06	$M_{25}Sr_{100}Br_{43}Na_{47}$	0,67
Нарома, 1	739-755	-27,7	$\frac{40,2}{357}$	1,12	$M_{12}Sr_{100}Br_{43}Na_{49}$	0,60
Нарома, 5	1210-1219	25,2	$\frac{37,7}{701}$	-	$M_{20}Br_{43}(BrO_3)_{19}Na_{45}$	0,66
Ельск, 4	1500-1510	0,2	$\frac{30,4}{147,5}$	1,15	$M_{25}Br_{43}Na_{47}$	0,67
Ельск, 4	1768-1771	-63,8	$\frac{17,6}{321}$	1,19	$M_{25}Br_{43}(BrO_3)_{19}Na_{48}$	0,66
Ельск, 10	2180-2196	31,3	$\frac{45}{177,5}$	1,19	$M_{25}Br_{43}Na_{45}$	0,66
Ельск, 10	2185-2198	168,7	$\frac{22,9}{305}$	1,20	$M_{25}Br_{43}(NH_4)_{19}Br_{43}Na_{47}$	0,65
Ельск, 2	202-206	-	-	1,12	$M_{25}Br_{43}Na_{45}$	0,61

гания изменяется от 27 до 64°С. Аналогичные рассолы получены в Мозырской опорной скважине, где на глубине 2610—2800 м их минерализация составляла 319 г/л, содержание брома достигает 401 мг/л, йода — менее 1 мг/л.

В этих районах уровни в скважинах устанавливаются на глубинах от —64,8 до +15,0 м абсолютной высоты, дебиты колеблются от 31,8 до 288,0 м³/сутки.

5. Воды в межсолевых отложениях девона приурочены к задонско-слецким горизонтам фаменского яруса верхнего девона, залегающим на глубинах 670—3256 м.

В центральной части Припятского артезианского бассейна межсолевой комплекс сложен глинами с редкими прослоями известняков, мергелей, песчаников, а на северо-западе — чередованием слоев известняка, доломита, мергеля, глин и песчаника различной водопроницаемости. Вследствие таких условий залегания воды в межсолевых отложениях не образуют пространственно выдержанных горизонтов. Обводненные прослои и линзы, вероятно, имеют гидравлическую связь и могут рассматриваться как единый водоносный комплекс.

Межсолевые отложения содержат различные по степени минерализации хлоридно-натриевые рассолы. Наиболее выдержанные горизонты высококонцентрированных рассолов распространены в основном в центральной части Припятского артезианского бассейна.

Рядом скважин в районе Ельска, Копаткевичей, Петрикова вскрыты хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией от 246 до 317 г/л, содержащие бром, йод, стронций и другие микроэлементы (табл. 63).

В районе Стреличева (скв. 1), на глубине 1458—1466 м вскрыты рассолы с содержанием брома до 957,3 мг/л и йода до 35 мг/л. Температура этих вод равна 35°С. По мере приближения к бортам впадины минерализация рассолов снижается. В скважинах района Брагина, Тычин на глубине 809—815 и 675—695 м она составляет 115—158 г/л.

Повсюду в вышеуказанных районах воды напорные. Дебиты скважин изменяются от незначительных величин до 180 м³/сутки.

6. Воды подсолевых отложений приурочены к известнякам, доломитам и песчаникам франского яруса верхнего девона и к наровским и тартуским слоям среднего девона, к песчаникам и песчано-глинистым породам нижнего кембрия и верхнего протерозоя.

Комплекс подсолевых отложений не имеет выдержанных водоупоров, в связи с чем воды указанных стратиграфических горизонтов гидравлически взаимосвязаны.

Как показали результаты глубокого бурения, с отложениями подсолевого комплекса девона связаны хлоридно-натриевые, хлоридно-натриево-кальциевые и хлоридно-кальциево-натриевые рассолы с минерализацией от 153 до 438,5 г/л (рис. 26, 27).

В зонах наиболее глубокого погружения кристаллических пород фундамента распространены высококонцентрированные рассолы с минерализацией свыше 350 г/л.

В солевом составе этих рассолов преобладают хлориды кальция, они содержат значительное количество брома, йода и других микроэлементов. По мере нарастания в них хлоридов резко возрастает количество брома и йода, повышается содержание стронция и других микроэлементов. Степень метаморфизации этих рассолов очень высокая, отношение $\frac{Na}{Cl}$ составляет 0,14—0,38. Впервые (1959 г.) высокое содержание брома и йода в рассолах подсолевых отложений девона было обнаружено в скважине Стреличево 1 в интервале глубин 2622—

Таблица 63

Данные о скважинах, вскрывших рассолы в внутрисолевых и межсолевых отложениях девона

Местоположение скважин	Интервал опробования, м	Геологический возраст пород	Абс. отм. статического уровня воды, м	Дебит, м ³ /сутки (числитель) — пониж. уровня, м (знаменатель)	Удельный вес, г/см ³	Температура воды, °С	Химический состав (формула Курлова)	Отношение Na/Cl
Ельск, 7	2783	D ₃ dn-lb	Самонизл.	$\frac{1680}{—}$	1,22	42—45	$M_{324} (CO_2)_{326} (H_2S)_{214} Sr_{64,3} Br_{51,3} I_{0,4} \frac{Cl\ 50}{Na\ 45}$	0,93
Ельск, 17	2462—2493	D ₃ dn-lb	144,1	$\frac{4}{1750}$	1,21	37	$M_{324} (NH_4)_{3840} Br_{115,2} (R_2O_3)_{621,2} I_{0,2} \frac{Cl\ 50}{Na\ 46}$	0,92
Ельск, 18	2555	D ₃ dn-lb	Самонизл.	$\frac{1728}{—}$	1,21	22—26	$M_{335} (NH_4)_{4450,6} Br_{1142,8} (H_2S)_{372,3} I_{0,5} \frac{Cl\ 50}{Na\ 45}$	0,94
Выступовичи (Деми-дов)	1610—1640	D ₃ dn-lb	15	$\frac{126}{126,5}$	1,17	27	$M_{283} Br_{274} B_{12} \frac{Cl\ 50}{Na\ 46}$	0,93
Выступовичи (Деми-дов)	2363,5—2370	D ₃ dn-lb	—36	$\frac{288}{207}$	1,20	42	$M_{310} Br_{531} B_{17} I_3 \frac{Cl\ 50}{Na\ 44}$	0,88
Выступовичи (Деми-дов)	2402,5—2415	D ₃ dn-lb	—41	$\frac{97,2}{426,5}$	1,20	64	$M_{310} Br_{343} I_2 \frac{Cl\ 50}{Na\ 44}$	0,89
Слободка, 1 (Мозырская опорная)	2610—2800	D ₃ dn-lb	—64,84	$\frac{31,8}{825}$	1,20	—	$M_{319} Br_{401} (CO_2)_{99} Sr_{19} B_{10} I_{0,1} \frac{Cl\ 50}{Na\ 44}$	0,89
Ельск, 10	2223,6—3101,9	D ₃ dn-lb D ₃ zd-el	375,6	$\frac{24}{655}$	—	—	—	—

Местоположение скважин	Интервал опробования, м	Геологическ. возраст пород	Абс. отм. статического уровня воды, м	Дебит, $\frac{\text{м}^3}{\text{сутки}}$ (числитель) пониж. уровня, м (знаменатель)	Удельный вес, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Выступовичи (Деми-дов)	2457—3001	D_3dn-lb D_3zd-el	—48,5	$\frac{180}{187,5}$	1,21
Брагин	809—815	D_3zd-el	—	$\frac{27}{64}$	1,08
Петриков, 5	1354—1362	D_3zd-el	—	$\frac{115}{—}$	1,21
Копаткевичи, 3	2210—2225	D_3zd-el	—	—	—
Стреличево, 1	1458—1466	D_3zd-el	—297	$\frac{6,6}{880}$	1,21
Ельск, 9	2215—2240	D_3zd-el	—459,9	$\frac{6,1}{870}$	1,17
Ельск, 11	2906—2917	D_3zd-el	—168,5	$\frac{6,3}{520}$	—
Ельск, 17	2784—3017	D_3zd-el		$\frac{0,42}{1384}$	1,21
Тычины	675—695	D_3zd-el	—	—	—

Темпера- тура воды, °C	Химический состав (формула Курлова)	Отно- шение Na Cl
67	$M_{314}Br_{360}B_{20}I_3 \frac{Cl\ 50}{Na\ 44}$	0,89
—	$M_{115}Br_{40}(B_2O_3)_4 \frac{Cl\ 49}{Na\ 46}$	0,94
—	$M_{297}Br_{93}I_4 \frac{Cl\ 50}{Na\ 36\ Ca\ 10}$	0,73
—	$M_{317} \frac{Cl\ 50}{Na\ 45}$	0,91
35	$M_{314}Br_{957,3}I_{35} \frac{Cl\ 50}{Na\ 36\ Ca\ 10}$	0,72
—	$M_{246} \frac{Cl\ 50}{Na\ 44}$	0,88
—	—	—
—	—	—
—	$M_{156}Sr_{109}Br_5I_{0,2} \frac{Cl\ 48}{Na\ 46}$	0,98

2660 м, где количество брома составило 3532—3821 мг/л, йода — 31,5—38,9 мг/л.

Позднее глубокими скважинами в районах Петрикова, Кустовниц, Анисимовки, Речицы, Копаткевичей было установлено широкое содержание бром- и йодонесных рассолов в центральной части Припятского артезианского бассейна.

Содержание брома в рассолах скважин Петрикова 2, Стреличево 1, Кустовница 1, Анисимовки 1, в интервалах 2240—3203 м составляет

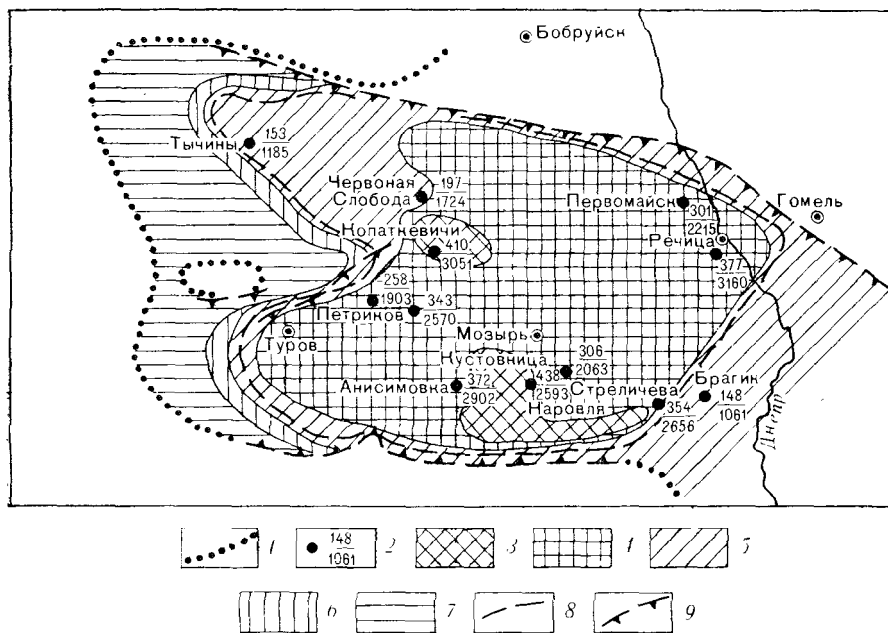


Рис. 26. Схематическая карта распространения и минерализации подземных вод подсолевых отложений девона Припятской впадины. Составила Л. К. Берзина, 1963

1 — граница распространения подсолевых отложений девона; 2 — буровые скважины, вскрывшие подземные воды в подсолевых отложениях девона (числитель — минерализация воды, г/л, знаменатель — глубина опробования, м); 3 — зона хлоридно-кальциево-натриевых и натриево-кальциевых рассолов с минерализацией более 400 г/л; 4 — зона хлоридно-натриевых, натриево-кальциевых и кальциево-натриевых рассолов с минерализацией 200—400 г/л; 5 — зона хлоридно-натриевых рассолов с минерализацией 100—200 г/л; 6 — зона соленых вод с минерализацией 10—100 г/л; 7 — зона пресных и слабоминерализованных вод с минерализацией менее 10 г/л; 8 — граница распространения соленосной толщи; 9 — линии региональных тектонических нарушений кристаллического фундамента

от 2215,4 до 3600,0 мг/л, йода — от 14,0 до 68,4 мг/л, рассолы скважин Копаткевичи 4, Речицы 1, на глубинах 2988—3166 м почти предельно насыщены бромом, содержание которого достигает 4544,8—6407,3 мг/л, йода — 91,2—170,2 мг/л.

В указанных скважинах пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах от —559 до +61 м абсолютной высоты. Дебиты скважин из отложений наровских и тартуских слоев среднего девона колеблются от 13 до 288 м³/сутки; из отложений франского яруса — от долей до 72 м³/сутки (табл. 64).

В периферических частях впадины в областях погребенных выступов кристаллических пород фундамента и в зонах региональных тектонических нарушений минерализация этих вод снижается до 200—300 г/л.

В северо-западной части Припятского артезианского бассейна (Червоная Слобода) на глубине 1724—1726 м из подсолевых отложе-

ний среднего девона получены хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией 153—197 г/л, с содержанием брома до 322 мг/л и незначительным количеством йода. Метаморфизация этих рассолов небольшая

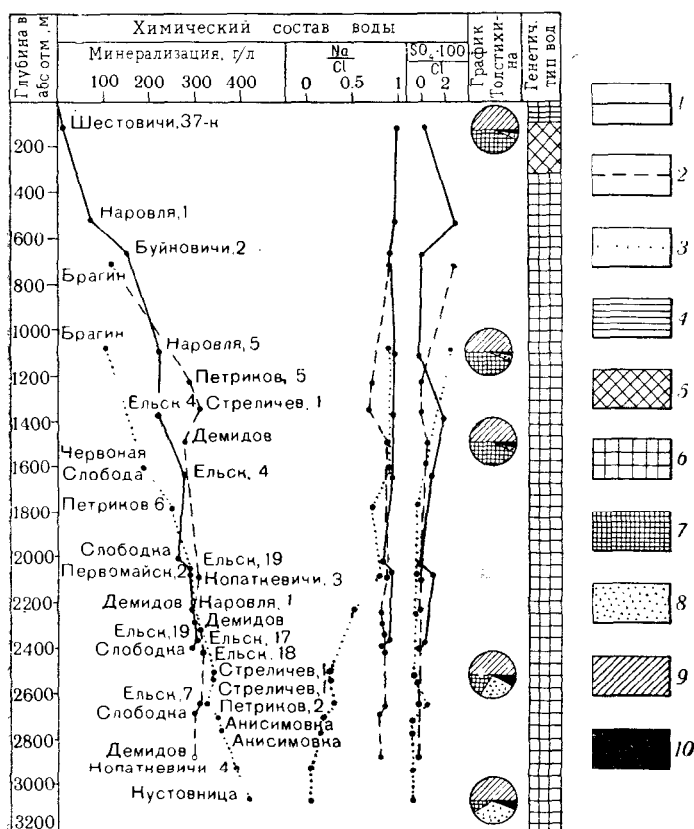


Рис. 27. Схематический гидрохимический разрез девонских отложений Припятской впадины. Составила Л. К. Берзина

1 — минерализация воды, коэффициенты $\frac{Na}{Cl}$ и $\frac{SO_4 \cdot 100}{Cl}$ подсолевых отложений среднего и верхнего девона; 2 — минерализация воды, коэффициенты $\frac{Na}{Cl}$ и $\frac{SO_4 \cdot 100}{Cl}$ межсолевых отложений девона; 3 — минерализация воды, коэффициенты $\frac{Na}{Cl}$ и $\frac{SO_4 \cdot 100}{Cl}$ надсолевых отложений верхнего девона; 4 — соленые, гидрокарбонатно-кальциево-натриевые воды; 5 — соленые, гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые, гидрокарбонатно-кальциевые и хлоридно-натриевые воды; 6 — соленые воды и рассолы, хлоридно-натриевые, хлоридно-натриево-кальциевые, хлоридно-кальциево-натриевые. Условные обозначения на графике Н. И. Толстихина: 7 — содержание Na+K; 8 — содержание Ca; 9 — содержание Cl; 10 — содержание Mg

и характеризуется отношением $\frac{Na}{Cl}$, равным 0,91—0,92. Аналогичные рассолы вскрыты на глубине 118,5 м скважиной Тычины.

В пределах Брагинского выступа кристаллических пород, где отложения франского яруса верхнего девона залегают на значительно меньших глубинах, минерализация рассолов снижается до 110—148 г/л, содержание брома уменьшается до 60,8 мг/л при малом количестве йода.

В верхнем протерозое на различных горизонтах в скважине Червоная Слобода на глубинах от 1732 до 2127 м вскрыты высококонцентрированные хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией от 275 до

Данные о скважинах, вскрывших рассолы в подсолевых отложениях девона

Местоположение скважин	Интервал опробования, м	Абс. отм. статического уровня воды, м	Дебит $\frac{м^3/сутки}{(числитель)}$ пониж. уровня, м (знаменатель)	Удельный вес, $г/см^3$	Температура воды, °С	Химический состав (формула Курлова)	Отношение $\frac{Na}{Cl}$
Стреличево, 2	2354—2362	—127,3	$\frac{72}{1200}$	—	39,5	—	—
Первомайск, 2	2215—2250	—31	$\frac{48}{500}$	1,20	54	$M_{301}Br_{233}B_{12}I_{11} \frac{Cl\ 50}{Na\ 44}$	0,88
Брагин, 1	1061—1083	61	$\frac{54}{604}$	1,09	—	$M_{146}Br_{61}(B_2O_3)_5I_{0,42} \frac{Cl\ 49}{Na\ 45}$	0,95
Речница, 1	2988—3005	—	—	1,25	—	$M_{351}Br_{3539,5}I_{97,9} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 21\ Na\ 20\ Mg\ 8}$	0,42
Стреличево, 1	2622,4—2627,6	—352	45	1,25	—	$M_{354}Br_{3532}Sr_{1683}I_{39} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 29\ Na\ 15\ Mg\ 6}$	0,31
Петриков, 6	1903—1905	—54	$\frac{2}{250}$	1,21	—	$M_{258}Br_{351}(B_2O_3)_7 \frac{Cl\ 50}{Na\ 38\ Ca\ 10}$	0,76
Кустовница, 1	2503—3203	—559	$\frac{27,6}{1500}$	1,30	—	$M_{498}Br_{3440}I_{16,8} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 47\ Na\ 7}$	0,14
Петриков, 2	2240—2771	—109	$\frac{52,9}{335}$	1,24	—	$M_{343}Br_{2215}I_{68}B_{10} \frac{Cl\ 49}{Ca\ 24\ Na\ 18\ Mg\ 7}$	0,38
Стреличево, 1	2655,6—2660	—230	$\frac{30,6—57,5}{800}$	1,25	—	$M_{354}Br_{3821}Sr_{1704}I_{31}(HBO_3)_{28} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 29\ Na\ 16\ Mg\ 5}$	0,32

Местоположение скважин	Интервал опробования, м	Абс. отм. статиче- ского уровня воды, м	Дебит $\frac{\text{м}^3/\text{сутки}}{(\text{числитель})}$ пониж. уровня, м (знаменатель)	Удельный вес, г/см^3
Стреличево, 2	2524—2531	—197,3	$\frac{40,2}{755}$	1,20
Анисимовка, 1	2837—2876	—540	$\frac{13,0}{1000}$	1,26
Анисимовка, 1	2902—2910	—160	$\frac{18,3}{426}$	1,28
Наровля, 6	2489—2624	—	$\frac{36}{360}$	—
Наровля, 1	2063—2347	—143	$\frac{22,3}{340}$	1,20
Брагин, 1	1185,5—1202	27	$\frac{30,6}{628}$	1,07
Речица, I	3160—3166		$\frac{1,5}{2000}$	1,29
Копаткевичи, 4	3051—3071	—	$\frac{7,5}{470}$	1,30
Стреличево, 2	2565—2578	—197,3	$\frac{288}{600}$	1,30
Червоная Слобода, 1	1724—1726	—294	—	—

Темпера- тура воды, °C	Химический состав (формула Курлова)	Отно- шение Na Cl
69	$M_{291}Br_{1278}B_{20}I_{10} \frac{Cl\ 50}{Na\ 40\ Ca\ 7}$	0,78
79	$M_{367}Br_{3600}Fe_{520}^{3+}I_{14} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 32\ Na\ 11\ Mg\ 6}$	0,23
79	$M_{372}Br_{3520}Fe_{760}^{3+}I_{14} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 32\ Na\ 11\ Mg\ 6}$	0,23
—	—	—
—	$M_{306}Sr_{880}Br_6S_1 \frac{Cl\ 50}{Na\ 28\ Ca\ 18}$	0,56
—	$M_{110}Br_{63}(B_2O_3)_2S_{0,37} \frac{Cl\ 49}{Na\ 45}$	0,93
84	$M_{377}Br_{4544,8}Fe_{3456}^{2+}Fe_{219}^{3+}I_{170,2} \frac{Cl\ 50}{Ca\ 32\ Mg\ 12\ Na\ 5}$	0,20
44	$M_{410}Br_{6407,3}I_{91,2}B_{17,3} \frac{Cl\ 49}{Ca\ 32\ Mg\ 12}$	0,12
72	$M_{286}Br_{833,8}I_{2,7} \frac{Cl\ 50}{Na\ 39\ Ca\ 8}$	0,79
—	$M_{197}Br_{322}(NH_4)_{10}I_{45}B_4 \frac{Cl\ 50}{Na\ 45}$	0,91

Содержание брома и йода промышленного значения

Местоположение скважины	Интервал опробования, м	Геологический возраст пород
Ельск, 17	2462—2493	D_3dn-lb
Ельск, 18	2555	D_3dn-lb
Стреличево, 1	1458—1466	D_3zd-el
Стреличево, 1	2622,4—2627,6	D_3sch_1
Стреличево, 1	2655,6—2660,0	$D_2t - D_3sch_1$
Стреличево, 2	2524—2531	$D_2t - D_3vr_1$
Стреличево, 4	1315—1320	D_3zd-el
Петриков, 2	2240—2771	$D_3t - D_3zd-el$
Вост.-Наровлянское, 1	1740—1744	D_3sch_2
Анисимовка, 1	2837—2876	$D_3t - D_3sch_1$
То же	2902—2910	D_3t
Кустовница, 1	2593—3203	$D_2t - D_3lv$
Копаткевичи, 4	2952—2958	D_2t
То же	3051—3071	D_2nr
Речица, 1	2988—3005	D_3sch_1
Речица, 1	3160—3166	$D_2nr + pr$

Т а б л и ц а 65

в рассолах Припятского артезианского бассейна

Общая минерали- зация, г/л	Температура воды, °С	Содержание, мг/л		Дебит, м³/сутки	Пони- жение, м
		Br	J		
323,6	37	1152,0	0,2	4,0	1750
334,9	22—26	1142,0 (при само- изливе)	0,5	Самоизл.	
313,8	—	957,3	35,0	6,6	880
353,6	—	3532,0	38,9	45	—
354,1	—	3821,0	31,5	30,6 - 57,5	800
291,0	69	1278,0	9,5	40,2	
305,5	30	822,4	Сл.	25	950
343,3	—	2215,4	68,4	52,9	335
302,7	30	1012,9	19,6	36,0	—
367,4	57	3600,0	14,0	13,0	1000
371,6	79	3520,0	14,0	18,3	426
438,4	—	3440,0	16,8	27,6	1500
404,2	—	1125,0	41,2	48	630
410,3	44	6407,3	91,2	7,5	470
351,4	30	3539,5	97,9	—	—
376,6	84	4544,8	170,2	1,5	2000

330 г/л. Они содержат брома до 473 мг/л. Пьезометрические уровни в скважине устанавливались на глубине 137 м абс. высоты; дебит достигал 44,4 м³/сутки. Из этих же отложений в скважине Тычины, на глубине 722—1659 м получены аналогичные рассолы с минерализацией до 153 г/л.

Резюмируя все сказанное, можно сделать вывод о том, что глубинные рассолы отложений палеозоя Припятского артезианского бассейна весьма перспективны в отношении их использования как сырья для промышленности.

Запасы хлоридно-натриевых рассолов как источника получения хлористого натрия значительны. Как видно из приведенных выше данных об условиях их залегания и распространения, рассолы с минерализацией свыше 100 г/л могут быть вскрыты скважинами на глубинах свыше 700—800 м в пределах всей центральной части Припятского артезианского бассейна. Эти же рассолы могут представлять значительный интерес в отношении возможности получения из них калия.

Хлоридно-кальциево-натриевые и хлоридно-натриево-кальциевые рассолы подсолевых отложений девона представляют значительные перспективы для комплексного использования с получением из них брома, йода и других микроэлементов (см. табл. № 65).

Бромоносные и йодоносные рассолы могут быть получены бурением на глубине свыше 2000 м в подсолевых отложениях девона Припятского артезианского бассейна в зонах депрессий — Ельской, Копаткевичской, Шатилковской.

В целях выявления участков распространения рассолов, обогащенных указанными элементами, с более благоприятными условиями их использования необходимо провести в пределах Припятского артезианского бассейна специальные детальные исследования.

ГЛАВА IX

ЛЕЧЕБНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ

Минеральные воды, известные в настоящее время на территории Белоруссии, генетически связаны с отложениями осадочного покрова и относятся к типу холодных, температура которых не превышает 12—15°С. Исключение представляет лишь район Припятского артезианского бассейна, где высокоминерализованные рассолы, залегающие на глубине 2000—2500 м и более, имеют повышенную температуру, достигающую 40—81°С.

Среди минеральных вод, установленных на территории Белорусской ССР (рис. 28), можно выделить следующие основные типы:

1. Сульфатно-кальциево-магниевые.
2. Хлоридно-натриевые.
3. Хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые.
4. Хлоридно-сульфатно-натриевые.
5. Термальные рассолы хлоридно-натриевого состава с высоким содержанием сероводорода.
6. Термальные рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава с высоким содержанием брома.

СУЛЬФАТНО-КАЛЬЦИЕВО-МАГНИЕВЫЕ ВОДЫ

Этот тип вод приурочен к гипсоносным отложениям наровского горизонта среднего девона. Образование их связано с выщелачиванием прослоев гипса, ангидрита и сульфатизированных мергелей, глин и песчаников и последующим обогащением магнием (в результате взаимодействия сульфатно-кальциевых вод с прослоями доломитов или доломитизированных известняков, мергелей и глин).

Воды этого типа образуют небольшое гидрогеохимическое поле в восточных районах центральной части Белоруссии и в крайних северо-западных ее районах. В пределах первого поля они были вскрыты буровыми скважинами в городах Борисове, Могилеве и г. пос. Березино.

В г. Борисове сульфатно-кальциево-магниевые воды заключены в прослоях доломитизированных известняков и мергелей наровского горизонта, среднего девона, залегающих на глубине 174,68 м или на отметке 14,68 м ниже уровня моря. Пьезометрический их уровень в скважине поднимался до отметки 147,0 м абс. высоты. Дебит скважины при понижении уровня 1—2 м от статического составлял 2,0 м³/час. Общая минерализация воды не превышает 2,4 г/л. Наблюдения, проведенные П. В. Остапеней, показали, что солевой состав и общая минерализация сульфатно-кальциево-магниевых вод в Борисовской скважине не изменяется ни во времени, ни под воздействием длительных откачек. Это обстоятельство позволяет говорить о том, что

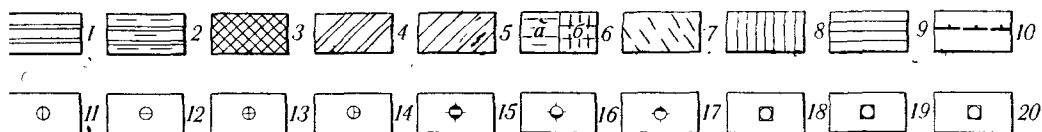
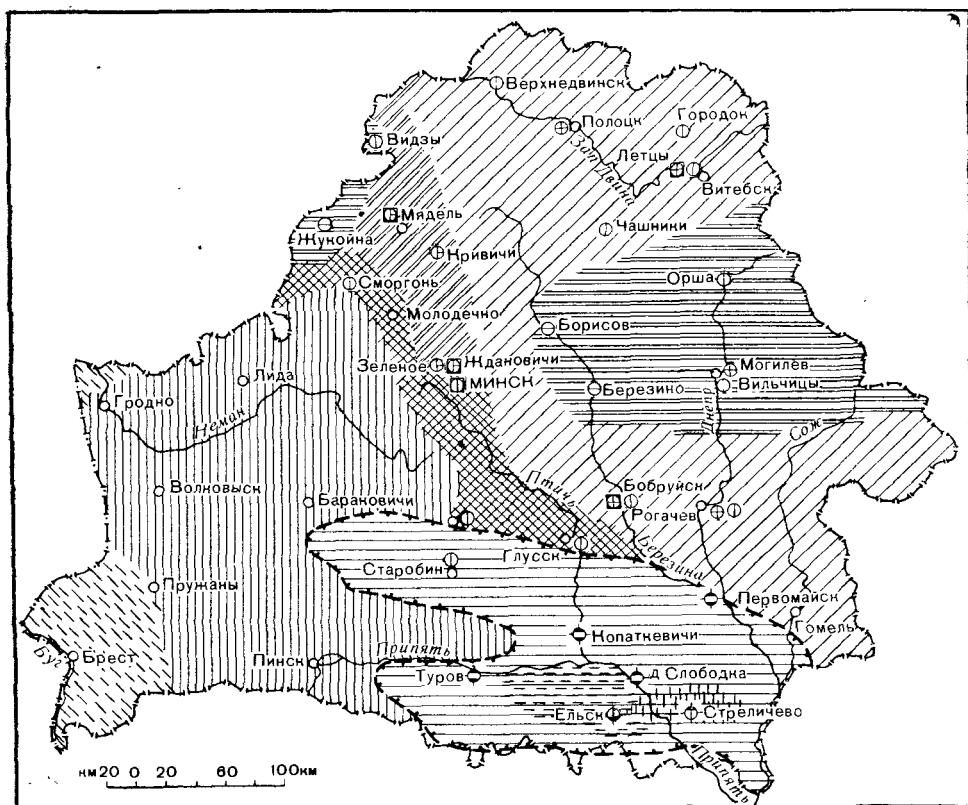


Рис. 28. Карта минеральных вод Белорусской ССР. Составил М. Ф. Козлов

Районы распространения минеральных вод: 1—район распространения сульфатно-кальциево-магниевых вод с минерализацией до 3,5 г/л, ниже — вод смешанного хлоридно-сульфатного типа с минерализацией до 10—12 г/л, приуроченных к гипсоносным отложениям среднего девона и хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 50—100 г/л и более, заключенных в отложениях палеозоя и верхнего протерозоя; 2—район распространения сульфатно-кальциево-магниевых вод (минерализация 2—3 г/л) местами с содержанием сероводорода до 35 мг/л, ниже — вод смешанного хлоридно-сульфатного типа с минерализацией до 10—12 г/л, приуроченных к гипсоносным отложениям среднего девона, и хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 50—100 г/л и более, заключенных в отложениях палеозоя и верхнего протерозоя; 3—район распространения хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 6—8 г/л в отложениях нижнего кембрия и хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 30—50 г/л, заключенных в отложениях верхнего протерозоя; 4—район распространения смешанных хлоридно-сульфатно-натриевых вод с минерализацией до 10—12 г/л в гипсоносных отложениях среднего девона, ниже — хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 50—100 г/л, приуроченных к отложениям палеозоя и верхнего протерозоя; 5—район распространения смешанных хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод с минерализацией до 12—15 г/л в гипсоносных отложениях среднего девона и ниже — хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 100 г/л и более, приуроченных к отложениям палеозоя и верхнего протерозоя; 6—район распространения в верхних частях разреза (пермь — девон) холодных хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 30 г/л и в нижних — термальных хлоридно-натриевых и хлоридно-кальциевых рассолов с минерализацией до 320—420 г/л; а — участок, в пределах которого установлено наличие сероводородных азотно-метановых рассолов (H_2S до 400 г/л) с минерализацией до 320 г/л; б — участок, в пределах которого установлено наличие хлоридно-кальциевых рассолов с повышенным содержанием брома, бора, йода и других биологически активных микроэлементов; 7—район предполагаемого распространения хлоридно-натриевых вод с минерализацией до 30—50 г/л, заключенных в отложениях палеозоя и верхнего протерозоя; 8 — область высокого залегания кристаллических пород допалеозойского фундамента (Белорусский массив и Полесская седловина), в пределах которых минеральные воды отсутствуют; 9 — область, в которой происходит частичная разгрузка минеральных вод и рассолов глубоких водноносных горизонтов и комплексов Припятского прогиба; 10 — зоны тектонических разломов, в пределах которых происходит частичная разгрузка минеральных вод и рассолов глубоких водноносных горизонтов и комплексов зон Припятской впадины.

Выходы минеральных вод: 11 — хлоридно-натриевые; 12 — сульфатно-кальциево-магниевые; 13 — смешанные хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые; 14 — хлоридно-сульфатно-натриевые; 15 — термальные хлоридно-натриевые и хлоридно-кальциевые; 16 — термальные сероводородные азотно-метановые рассолы хлоридно-натриевого состава; 17 — термальные бромосодержащие рассолы хлоридно-кальциевого состава.

Использование минеральных вод: 18 — действующие бальнеологические лечебницы; 19 — действующие бальнеологические санатории; 20 — строящиеся бальнеологические санатории

эти воды в данном районе образуют вполне обособленный водоносный горизонт.

В районе г. Могилева сульфатно-кальциево-магниевые воды содержатся в песках, песчаниках и доломитизированных известняках наровского горизонта живетского яруса среднего девона, залегающих на глубине 290 м или на отметке 120,6 м ниже уровня моря. Дебит скважины составлял 9,9 м³/час.

Минерализация воды на глубине 331,9 м не превышала 3,01 г/л. По химическому составу они сходны с сульфатно-кальциево-магниевыми водами Борисовской скважины. Данные химического состава воды с глубины 331,9 м приведены в табл. 66.

Таблица 66

Сульфатно-кальциево-магниевые воды (D_{2nr}+pr)

Состав вод	г. Борисов Борисовского р-на			г. Березино Червенского р-на			г. Могилев Могилевского р-на		
	(180,0 м; 1936 г.) *			(130,0 м; 1962 г.)			(331,9—342,4 м; 1937 г.)		
	Мг/л	Мг-экв	Мг-экв, %	Мг/л	Мг-экв	Мг-экв, %	Мг/л	Мг-экв	Мг-экв, %
Катионы									
Na ⁺ +K ⁺	58,0	2,4	9,45	299,2	11,97	24,40	16,1	0,7	1,66
Mg ²⁺	101,8	8,4	33,0	135,0	11,10	22,62	161,6	13,3	31,44
Ca ²⁺	292,4	14,6	57,48	521,0	25,99	52,98	566,3	28,3	66,90
ΣК	—	25,4	100,0	—	49,06	100,0	—	42,3	100,0
Анионы									
Cl ⁻	52,4	1,5	5,90	336,0	9,47	19,30	170,0	4,8	11,35
SO ₄ ²⁻	1024,6	21,3	83,86	1820,0	37,89	77,23	1744,5	36,3	85,81
HCO ₃ ⁻	158,6	2,6	10,24	103,1	1,70	3,47	73,2	1,2	2,84
ΣА	—	25,4	100,0	—	49,06	100,0	—	42,3	100,0
минерализация, г/л	1,74	—	—	3,166	—	—	2,73	—	—
pH	—	—	—	7,75	—	—	—	—	—
	M _{1,7}	SO ₄ 84 Ca 57 Mg 33		M _{3,2}	SO ₄ 77 Ca 53 Mg 22		M _{2,70}	SO ₄ 86 Ca 67 Mg 31	

* В скобках даны глубина опробования и дата взятия пробы воды.

Сульфатно-кальциево-магниевые воды Могилевской скважины в отличие от Борисовской характеризуются меньшим постоянством химического состава и минерализации. По данным П. В. Остапени (1940), при длительной откачке из интервала 290—331,9 м наблюдалось изменение общей минерализации и ее состава за счет увеличения хлоридов натрия, т. е. сульфатно-кальциево-магниевые воды смешивались с хлоридно-натриевыми водами и приобретали четко выраженные черты смешанных хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод. Изменение минерализации и химического состава сульфатно-кальциево-магниевых вод в процессе откачки свидетельствуют о том, что они не изолированы от нижележащего горизонта хлоридно-натриевых вод и поэтому практическое их назначение в районе г. Могилева значительно снижается.

В районе г. пос. Березино Червенского района воды сульфатного типа приурочены к мергельно-известняковым породам наровского горизонта, залегающим на глубине 130 м. Химический состав этих вод несколько отличается от солевого состава этого типа вод Борисовской и Могилевской скважин. В водах Березинской скважины отмечается

повышенное содержание натрия, достигающее $24,4 \text{ мг} \cdot \text{экв}\%$, тогда как содержание магния не превышает $22 \text{ мг} \cdot \text{экв}\%$. Общая минерализация воды составляет $3,17 \text{ г/л}$.

На территории северо-западных районов БССР сульфатно-кальциево-магниевые воды с минерализацией до 2 г/л были вскрыты скважиной в дер. Жукойна Свирского района. На основании общих геологических и гидрогеологических данных наличие минеральных вод этого типа можно ожидать и на территории других районов северо-западной части республики.

В северо-западных районах Белоруссии гипсоносные слои наровского горизонта залегают непосредственно под водопроницаемыми отложениями четвертичной толщи, обогащенными органикой, в виде торфяников, гиттий и других образований. Это создает благоприятные условия для формирования на территории этих районов месторождений сероводородных вод невысокой минерализации типа минеральных вод курортов Краинка и Хилово. О возможном формировании таких месторождений сероводородных вод свидетельствует высокое содержание в водах Видзевских источников сероводорода, достигающее 35 мг/л (Васильева, 1961).

По химическому составу и общей минерализации сульфатно-кальциево-магниевые воды территории БССР являются аналогами московской минеральной воды, минеральных вод курорта Кашин Калининской области, санаториев Звинигород и Дорохово Московской области, Резванского источника близ г. Калуги, курорта Бакирово Татарской ССР и др. Исследования Центрального института курортологии и физиотерапии по изучению лечебных свойств московской минеральной воды показали вполне положительную эффективность этих вод при лечении ряда заболеваний и главным образом желудочно-кишечных.

На территории Белоруссии сульфатно-кальциево-магниевые воды пока не используются в лечебной практике, но при дальнейшем развитии санаторно-курортного дела республики они в сочетании с другими типами минеральных вод несомненно найдут широкое применение при лечении желудочно-кишечных заболеваний.

ХЛОРИДНО-НАТРИЕВЫЕ ВОДЫ

В отличие от сульфатно-кальциево-магниевых вод хлоридно-натриевые воды на территории Белоруссии имеют более широкое распространение. Они образуют большое гидрогеохимическое поле, охватывающее территорию северных, восточных, центральных и юго-восточных районов республики. Распространение хлоридно-натриевых вод предполагается также и на территории крайних северо-западных районов Гродненской и юго-западных районов Брестской областей. Отсутствуют воды этого типа лишь в пределах наиболее приподнятой части Белорусского массива и Полесской седловины, занимающих западные районы Минской, восточные и юго-западные районы Гродненской и восточные и северо-западные районы Брестской областей, где породы осадочного покрова имеют малую мощность (200 м и менее) и хорошо промыты и выщелочены.

По степени минерализации среди хлоридно-натриевых вод выделяются три группы:

- а) хлоридно-натриевые воды с минерализацией до $6\text{—}8 \text{ г/л}$;
- б) хлоридно-натриевые воды с минерализацией до $35\text{—}100 \text{ г/л}$;
- в) хлоридно-натриевые воды (рассолы) с минерализацией более 100 г/л .

Хлоридно-натриевые воды малой минерализации известны только в г. Минске, где они приурочены к прослоям слабоцементированных песчаников и алевролитов воыно-валдайской серии (гдовские слои) нижнего кембрия, залегающих на глубине 370—390 м.

По геологическим и гидрогеологическим данным, распространение вод этого типа можно ожидать и к северу от г. Минска по северо-восточному склону Белорусского массива, где отложения наровского горизонта среднего девона также хорошо промыты и выщелочены. Пьезометрический уровень хлоридно-натриевых вод устанавливался в районе г. Минска на глубине 16,2 м ниже земной поверхности или на отметке 199,7 м абс. высоты, но при работе глубокой скважины (расположенной в 6 м от первой), эксплуатирующей нижележащий горизонт хлоридно-натриевых вод высокой минерализации, пьезометрический уровень верхнего горизонта понизился до пьезометрического уровня нижнего горизонта, т. е. до отметки 157,9 м.

Дебит скважины не превышал $1,9 \text{ м}^3/\text{час}$, но он, по-видимому, характеризовал производительность штангового насоса, так как понижение пьезометрического уровня при указанном дебите почти не наблюдалось (загрузка приемного клапана не превышала 1,8 м ниже статического уровня). Минерализация хлоридно-натриевых вод в процессе откачки колебалась от 4,2 до 5,4 г/л. В таких же пределах она изменяется и при эксплуатации. Химический состав этого типа вод приведен в табл. 67.

Как видно из таблицы хлоридно-натриевые воды этого типа характеризуются несколько повышенным содержанием сульфатов (11—14% мг·экв%). В них также содержится бром, железо и некоторые другие биологически активные микроэлементы. Гидрохимические наблюдения, проведенные нами в период с 1953 по 1963 г., показали, что химический состав хлоридно-натриевых вод (см. табл. 67) остается стабильным как во времени, так и под воздействием эксплуатации, что указывает на вполне самостоятельное значение этого горизонта, содержащего относительно большие запасы минеральных вод.

По химическому составу и общей минерализации хлоридно-натриевые воды малой минерализации являются аналогом минеральных вод курортов Миргород Украинской ССР, Н. Серги Свердловской области, Бирштонас Литовской ССР, где они используются как питьевые лечебные воды при заболеваниях органов пищеварения и обмена веществ.

Экспериментальные исследования и клинические наблюдения над действием минской минеральной воды на человеческий организм, проведенные в госпитальной терапевтической клинике Минского государственного медицинского института под руководством проф. Г. Х. Довгялло и в Белорусском государственном институте неврологии, нейрохирургии и физиотерапии под руководством Е. Ф. Калитовского и Н. И. Алексейчис (1958), показали, что хлоридно-натриевые воды Минской скважины могут быть использованы для лечения ряда заболеваний органов пищеварения и обмена веществ.

Положительные результаты, полученные при лечении желудочно-кишечных заболеваний минской питьевой хлоридно-натриевой водой, дали основание Ученому совету Министерства здравоохранения БССР утвердить лечебные показания к назначению минской питьевой минеральной хлоридно-натриевой воды. В соответствии с утвержденными показаниями минская питьевая минеральная хлоридно-натриевая вода рекомендована для лечения различных кишечно-желудочных заболеваний, особенно при гастритах и болезнях с пониженной кислотностью. В настоящее время минская хлоридно-натриевая вода используется

Таблица 67

Хлоридно-натриевые воды с минерализацией до 6 г/л (См.уд)

Состав вод	г. Минск, Областная больница, скв. 2											
	(380,0—390,0 м; 10/III 1953 г.) *			(380,0—390,0 м; 14/XI 1956 г.)			(380,0—390,0 м; 25/III 1959 г.)			(380,0—390,0 м; 13/VI 1961 г.)		
	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы												
K ⁺	8,7	0,22	0,24	1549,58	65,94	92,92	1507,5	65,59	90,31	1836,0	79,84	90,81
Na ⁺	1930,8	83,98	92,80									
Mg ²⁺	34,7	2,85	3,15	20,75	1,71	2,41	37,1	3,05	4,20	44,55	3,66	4,16
Ca ²⁺	66,5	3,32	3,67	66,0	3,29	4,64	80,0	3,99	5,49	88,53	4,42	5,03
Sr ²⁺	5,7	0,13	0,14	0,95	0,02	0,03	—	—	—	—	—	—
ΣK	—	90,50	100,0	—	70,96	100,0	—	72,63	100,0	—	87,92	100,0
Анионы												
Cl ⁻	2750,0	77,55	85,32	2070,0	59,37	82,26	2116,0	59,67	82,14	2566,0	72,36	82,30
Br ⁻	1,3	0,01	0,01	0,20	0,002	0,003	—	—	—	—	—	—
SO ₄ ²⁻	487,1	10,14	11,14	455,97	9,49	13,37	459,3	9,56	13,16	608,2	12,66	14,40
HCO ₃ ⁻	194,2	3,2	3,52	189,0	3,10	4,37	207,4	3,40	4,70	176,9	2,90	3,30
J ⁻	—	—	—	0,04	0,0003	0,00	—	—	—	—	—	—
ΣА	—	90,90	100,0	0,95	70,96	100,0	—	72,63	100,0	—	87,92	100,0
Fe (суммарн.)	—	0,6	—	3,95	—	—	—	—	—	—	—	—
Минерализация, г/л	5,5	—	—	4,28	—	—	4,4	—	—	5,23	—	—
pH	7,4	—	—	7,4	—	—	7,3	—	—	7,4	—	—
	M _{5,5} $\frac{Cl\ 85}{Na\ 92}$			M _{4,3} $\frac{Cl\ 82}{(Na+K)\ 93}$			M _{4,4} $\frac{Cl\ 82}{(Na+K)\ 90}$			M _{5,23} $\frac{Cl\ 82}{(Na+K)\ 91}$		

* В скобках даны глубина опробования и дата взятия пробы воды.

в клинических больницах Минска и других городов республики и за ее пределами.

С 1957 г. производится ее розлив. В настоящее время она выпускается под названием «Минская лечебно-питьевая минеральная вода».

Хлоридно-натриевые воды с минерализацией до 35—100 г/л приурочены к различным стратиграфическим горизонтам осадочной толщи. В пределах Белорусского массива они заключены в песчаниках и алевролитах оршанской серии верхнего протерозоя. В западной части Московской впадины и на площади Латвийской седловины хлоридно-натриевые воды приурочены к отложениям оршанской серии верхнего протерозоя, волюно-валдайской серии нижнего кембрия, ордовика и среднего девона. На территории Припятской впадины хлоридно-натриевые воды приурочены к отложениям пермской, каменноугольной, девонской и кембрийской систем и верхнему протерозою.

В пределах указанного гидрохимического поля воды этого типа были встречены скважинами в городах Верхнедвинске (Дрисса), Городке, Орше, Минске, Могилеве, Рогачеве, Бобруйске, Брагине, Речице, санатории «Летцы» близ Витебска, Любани, в городских поселках Видзы, Чашники, Глусске, Турове, Копаткевичи, в деревнях Тычины, Любанского района, Стреличево, Первомайске и ряде других пунктов. В виде естественных выходов они известны в долине р. Птичи к юго-востоку от г. пос. Глусска (Козлов, 1947, 1952), и юго-восточнее г. Петрикова (Маркова, 1956).

В г. Минске хлоридно-натриевые воды с минерализацией от 17 до 27 г/л вскрыты в отложениях оршанской свиты верхнего протерозоя, залегающих на глубине 441—554 м. Пьезометрические уровни их устанавливались на глубине 43,7 м ниже земной поверхности или на отметке 150 м абс. высоты в скважине на территории парка им. М. Горького и на глубине 58 м или на отметке 157,9 м в скважине, расположенной на территории Областной больницы. Дебит скважины изменялся от 6,3 м³/час при понижении уровня на 2,8 м от статического (Областная больница) до 12,5 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 15 м (парк им. М. Горького).

При четко выраженном хлоридно-натриевом типе вод они характеризуются повышенным содержанием сульфатов (17%) и щелочно-земельных элементов (20—21%). Из микроэлементов в водах Минских скважин присутствуют бром (20 мг/л), йод (0,5—0,07 мг/л), стронций (8—35 мг/л), бор (3,9 мг/л), литий (8,3 мг/л) и др. Проведенные нами десятилетние наблюдения за скважиной во дворе Областной больницы показали, что химический состав хлоридно-натриевых вод этой скважины и их минерализация оставались относительно стабильными как во времени, так и под воздействием эксплуатации.

В г. Бобруйске хлоридно-натриевые воды с минерализацией 15—18 г/л были вскрыты в песчаниках волюно-валдайской серии (гдовские слои) нижнего кембрия, залегающих на глубине 271—312 м или на отметках 130,9—166,0 м ниже уровня моря. Пьезометрический уровень воды после прокачки скважин поднимался на 1,72—5,95 м выше поверхности земли, т. е. достигал отметок 145,3—145,7 м абс. высоты. Дебит скважины, пройденной в 1929 г. на территории Водоканалтреста (ул. Урицкого, дом 2), при самоизливе на уровне земли составлял 10,8 м³/час, а при откачке достигал 20 м³/час. На территории санатория им. В. И. Ленина дебит скважин при понижении уровня откачкой на 15,9 м от статического составлял 17,2 м³/час.

Химический состав хлоридно-натриевых вод г. Бобруйска близок к химическому составу хлоридно-натриевых вод района г. Минска.

В них также содержится бром (19—21 мг/л), йод (0,20 мг/л), стронций (39,6 мг/л), фтор (0,002 мг/л) и некоторые другие микроэлементы. Растворенный в воде газ представлен азотом воздушного происхождения с небольшой примесью редких газов. Гидрохимические наблюдения, проведенные в период с 1929 по 1963 г., показали, что химический состав хлоридно-натриевых вод на территории г. Бобруйска оставался постоянным, а ресурсы их достаточно устойчивые.

Хлоридно-натриевые воды с минерализацией (до 100 г/л) распространены на южном склоне Латвийской седловины, в западной части Московской впадины и на территории Припятской впадины. В пределах Латвийской седловины хлоридно-натриевые воды вскрыты буровыми скважинами в г. Верхнедвинске и в г. пос. Видзы. В Верхнедвинске они вскрыты в песчаниках волюно-валдайской серии (гдовские слои) нижнего кембрия, залегающих на глубине 585 м. Минерализация воды составляла 34,5 г/л. Пьезометрический уровень их поднимался до отметки 136 м абс. высоты или на 20 м выше земной поверхности. Дебит скважины при самоизливе на уровне земли достигал 25 м³/час. В г. пос. Видзы хлоридно-натриевые воды с минерализацией 43 г/л вскрыты в трещиноватых и кавернозных известняках ордовика, залегающих на глубине 251 м. Пьезометрический уровень их в скважине поднимался до отметки 129 м абс. высоты, т. е. находился на глубине 11 м от поверхности земли. Дебит скважины составлял 9,2 м³/час при понижении уровня воды на 18 м от статического.

Как видно из табл. 68, химический состав хлоридно-натриевых вод в пределах Латвийской седловины близок к химическому составу хлоридно-натриевых вод Минских и Бобруйских скважин, расположенных на восточном склоне Белорусского массива. При четко выраженном хлоридно-натриевом составе они имеют несколько повышенное содержание сульфатов (8—11 мг·экв%) и кальция (12—14 мг·экв%). В них также содержится бром (58,5 мг/л), стронций (58,2 мг/л), следы йода и некоторые другие биологически активные микроэлементы.

В западной части Московской впадины, где водоносные горизонты нижнего кембрия и верхнего протерозоя погружаются на большую глубину под глинисто-мергелистые отложения наровского горизонта среднего девона и в связи с этим находятся в условиях затрудненного или весьма замедленного водообмена, хлоридно-натриевые воды характеризуются высокой минерализацией и обогащены бромом, стронцием и другими микроэлементами. Минерализация хлоридно-натриевых вод изменяется с глубиной в широком диапазоне, достигая максимальных значений в наиболее погруженных частях впадины.

В краевых частях Московской впадины минерализация хлоридно-натриевых вод, приуроченных к отложениям нижнего кембрия и верхнего протерозоя, залегающих на глубинах 612 (г. пос. Чашники) — 711 м (дер. Вильчицы, близ г. Могилева), колеблется от 55 до 63 г/л (см. табл. 68). В г. пос. Чашники при абс. отметке устья скважины, равной около 135 м, пьезометрический уровень воды в скважине поднимался на 4,5 м выше поверхности земли. В дер. Вильчицы пьезометрический уровень хлоридно-натриевых вод находился на глубине 27,2 м от поверхности земли или на отметке 132 м абс. высоты.

В наиболее погруженных частях Московской впадины, занимающей северо-восточные районы Белоруссии, минерализация хлоридно-натриевых вод возрастает до 75—114 мг/л. В районе г. Орши хлоридно-натриевые воды, заключенные в песчаниках волюно-валдайской серии нижнего кембрия, залегающие на глубине 660 м, имеют минерализацию 75 г/л. Пьезометрический уровень их поднимается до отметки

Таблица 68

Хлоридно-натриевые воды с минерализацией до 100 г/л

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, м (числитель) геол. возраст опр. горизонта (знаменатель)	pH	Форма выражения анализа	НСО ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Σ К	Br ⁻	I ⁻	Sr ²⁺	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
Город Верхнедвинск Верхнедвинского р-на	1949	$\frac{585,69}{Cm_1vd}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	134,20 2,20 0,37	2906,2 60,51 10,30	18 596,0 524,41 89,33	— 587,12 100,0	1664,9 83,78 14,15	471,8 38,80 6,61	10 744,14 465,24 79,24	— 587,12 100,0	58,5	0,1	33,17	34,5	M ₃₄ $\frac{Cl\ 89}{(Na+K)\ 79}$
То же	1951	$\frac{585,69}{Cm_1vd}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	146,4 2,40 0,41	2925,9 69,92 10,39	18 528,0 522,49 89,20	— 585,81 100,0	1669,3 83,30 14,22	449,0 36,93 6,30	10 762,4 465,58 79,48	— 585,81 100,0	57,0	0,2	31,5	34,0	M ₃₄ $\frac{Cl\ 89}{(Na+K)\ 79}$
„ „	1954	$\frac{585,69}{Cm_1vd}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	146,40 2,40 0,42	3035,5 63,20 11,02	18 010,0 507,88 88,56	— 573,48 100,0	1538,0 76,70 13,37	447,0 36,76 6,41	10 499,7 460,02 80,22	— 573,48 100,0	—	—	—	34,0	M ₃₄ $\frac{Cl\ 88}{(Na+K)\ 80}$
Г. пос. Видзы Браславского р-на	1957	$\frac{251,3}{Cm_1vd}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	122,0 2,00 0,26	2980,0 62,04 8,11	24 850,0 700,77 91,63	— 764,81 100,0	1922,4 95,93 12,54	794,24 65,32 8,54	12 883,53 603,56 78,92	— 764,81 100,0	—	—	—	43,0	M ₄₃ $\frac{Cl\ 92}{(Na+K)\ 79}$
Санаторий «Летцы» Витебского р-на	1961	$\frac{803,0}{Pt_2bl}$	5,7	мг/л мг · экв мг · экв %	183,0 3,0 0,17	2641,83 55,00 3,12	60 532,7 1 707,02 96,71	— 1765,00 100,0	3878,34 193,53 10,97	1764,67 145,13 8,22	32 807,43 1 426,36 80,81	— 1765,02 100,0	—	—	—	102,0	M ₁₀₂ $\frac{Cl\ 97}{(Na+K)\ 81}$
Город Городок Городокского р-на	1950	$\frac{772,0-778,0}{Cm_1vd}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	24,0 0,40 0,03	239,2 4,98 0,38	46 200,0 1 302,84 99,59	— 1308,22 100,0	3402,5 169,8 12,94	773,3 63,60 4,85	24 816,0 1 079,00 82,17	— 1312,40 100,0	123,0	0,1	17,0	75,0	M ₇₅ $\frac{Cl\ 99}{(Na+K)\ 82}$
Г. пос. Чашники Бешенковичского р-на	1960	$\frac{612,3}{Cm_1vd}$	6,7	мг/л мг · экв мг · экв %	61,0 1,0 0,11	3460,14 72,04 7,77	30 304,8 854,59 92,12	— 927,63 100,0	2109,97 105,29 11,35	1011,95 83,22 8,97	17 939,5 739,12 79,68	— 927,63 100,0	—	—	—	55,0	M ₅₅ $\frac{Cl\ 92}{(Na+K)\ 80}$
Город Орша Оршанского р-на	1949	$\frac{660,0}{Cm_1vd}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	109,80 1,80 0,14	3169,51 65,99 5,21	42 550,8 1 199,98 94,65	— 1267,72 100,0	2752,72 137,36 10,24	1204,35 99,05 7,81	23 719,10 1 031,31 81,35	— 1267,72 100,0	119,2	0,2	34,3	75,0	M ₇₅ $\frac{Cl\ 95}{(Na+K)\ 84}$
Город Минск, Областная больница, скв. I	1952	$\frac{476,0-513,0}{Pt_2bl}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	122,0 2,00 0,72	2356,0 49,05 17,71	8 010,0 225,88 81,57	— 276,93 100,0	726,0 36,23 13,08	249,0 20,48 7,40	5 100,6 220,22 79,52	— 276,93 100,0	20,1	0,4	3,0	16,5	M ₁₆ $\frac{Cl\ 82}{(Na+K)\ 79}$
Город Минск, Областная больница, скв. I	1956	$\frac{476,0-513,0}{Pt_2bl}$	7,4	мг/л мг · экв мг · экв %	103,0 1,70 0,62	2310,33 48,10 17,44	8 012,0 225,94 81,94	— 275,74 100,0	775,74 38,71 14,11	234,12 19,25 7,02	4 976,93 216,40 78,87	— 274,36 100,0	—	0,2	12,1	13,0	M ₁₃ $\frac{Cl\ 82}{(Na+K)\ 79}$
Город Минск, Областная больница, скв. I	1959	$\frac{476,0-513,0}{Pt_2bl}$	—	мг/л мг · экв мг · экв %	122,0 2,0 0,72	2270,8 47,28 17,13	8 042,0 226,78 82,15	— 276,06 100,0	731,80 36,82 13,23	250,9 20,63 7,47	5 031,5 218,91 79,30	— 276,06 100,0	—	—	—	16,0	M ₁₆ $\frac{Cl\ 82}{(Na+K)\ 79}$
Город Могилев Могилевского р-на	1962	$\frac{713,0-881,0}{Pt_2bl + Cm_1vl + vd}$	6,1	мг/л мг · экв мг · экв %	85,40 1,40 0,13	2411,39 50,20 4,64	36 534,44 1 030,27 95,23	— 1081,87 100,0	2505,0 125,0 11,55	1003,81 82,55 7,63	20 203,04 874,32 80,82	— 1081,87 100,0	—	—	—	63,0	M ₆₃ $\frac{Cl\ 95}{(Na+K)\ 81}$
Город Бобруйск Бобруйского р-на	1929	$\frac{289,9}{Cm_1vl + vd}$	7,1	мг/л мг · экв мг · экв %	420,10 6,88 2,66	1710,84 35,62 13,78	7 658,9 215,98 83,56	— 258,48 100,0	1177,75 58,77 22,74	314,93 25,90 10,02	4 000,0 173,81 67,24	— 258,48 100,0	1,0	Сл.	—	11,0	M ₁₁ $\frac{Cl\ 84}{(Na+K)\ 67\ Ca\ 23}$
То же	1934	$\frac{289,9}{Cm_1vl + vd}$	7,1	мг/л мг · экв мг · экв %	129,22 2,12 0,86	1696,92 35,33 14,40	7 371,5 207,88 84,74	— 245,33 100,0	990,7 49,44 20,15	330,14 27,15 11,07	3 870,86 168,74 68,78	— 245,33 100,0	—	—	—	14,0	M ₁₄ $\frac{Cl\ 85}{(Na+K)\ 69}$

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, <i>м</i> (числитель) геол. возраст опр. горизонта (знаменатель)	pH	Форма выражения анализа	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
Город Бобруйск Бобруйского р-на	1948	$\frac{289,9}{\text{См}_1\text{vl} + \text{vd}}$	7,1	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	132,4 2,17 0,92	1726,3 35,94 15,26	7 000,0 197,4 83,82
То же	1954	$\frac{289,9}{\text{См}_1\text{vl} + \text{vd}}$	7,1	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	183,0 3,0 1,21	2018,10 42,02 16,90	7 219,6 203,59 81,89
" "	1961	$\frac{342,0}{\text{См}_1\text{vl} + \text{vd}}$	7,6	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	118,99 1,95 0,77	1657,4 34,51 13,60	7 700,0 217,14 85,63
" "	1963	$\frac{342,0}{\text{См}_1\text{vl} + \text{vd}}$	6,8	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	97,60 1,60 0,51	2082,2 43,35 13,83	9 519,9 268,46 85,66
Район г. Рогачева Гомельской обл.	1964	$\frac{723,0}{\text{Pt}_2\text{bl}}$	—	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	122,0 2,0 0,23	3049,20 63,48 7,14	29 191,4 823,20 92,63
Дер. Прудок Мо- зырского р-на, скв. 33		$\frac{630,0-633,0}{\text{P}_1}$	—	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	292,8 4,8 0,62	6901,6 143,69 18,61	22 111,10 623,53 80,77
Г. пос. Наровля Гомельской обл., скв. 1		$\frac{642,0-650,0}{\text{D}_3\text{dn} - \text{lb}}$	6,8	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	61,0 1,0 0,08	1680,0 34,98 2,82	42 770,0 1 206,11 97,10
Город Брагин Брагинского р-на, скв. 1		$\frac{672,0-674,0}{\text{P}_1}$	—	$\frac{\text{мг/л}}{\text{мг} \cdot \text{экв}} \%$	268,4 4,40 0,60	853,3 17,77 2,46	24 870,0 701,0 96,94

111,6 м абс. высоты, т. е. находится на глубине 47,9 м ниже поверхности земли.

На территории санатория «Летцы», близ г. Витебска, минерализация хлоридно-натриевых вод, приуроченных к отложениям оршанской серии верхнего протерозоя, залегающих на глубине 803 м, достигает 102 г/л. В г. Городке Витебской области минерализация хлоридно-натриевых вод, заключенных в гдовских слоях (глубина 772—778 м), составляет 75 г/л, а в отложениях верхнего протерозоя, залегающих на глубине 900 м и ниже, она достигает 114 г/л. Пьезометрические уровни хлоридно-натриевых вод этого района поднимаются до отметок 113,8 (г. Городок) — 103,1 м (скв. «Летцы»). В хлоридно-натриевых водах (рассолах) на территории указанных районов содержится большое количество брома (123 мг/л), стронция (17 мг/л), следы йода и некоторые другие биологические активные микроэлементы.

В Припятской впадине подземные воды триаса, перми, карбона, девона и более древних толщ находятся в условиях затрудненного и весьма замедленного водообмена, а в наиболее глубоких частях впадины — застойного режима. В зависимости от глубины залегания и условий водообмена минерализация хлоридно-натриевых вод, приуро-

Продолжение табл. 68

Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Σ К	Br ⁻	J ⁻	Sr ²⁺	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
— 235,51 100,0	1034,0 51,60 21,83	326,99 26,89 11,37	3 632,0 157,92 66,80	— 236,41 100,0	2,30	0,05	27,6	14,0	M ₁₅ $\frac{\text{Cl } 84}{(\text{Na} + \text{K}) 67 \text{ Ca } 22}$
— 248,61 100,0	913,20 45,57 18,45	318,8 26,22 10,61	4 031,2 175,28 70,94	— 247,07 100,0	21,0	0,20	63,0	15,0	M ₁₅ $\frac{\text{Cl } 82}{(\text{Na} + \text{K}) 71}$
— 253,60 100,0	1062,1 53,00 20,90	371,2 30,53 12,04	3,908,0 170,07 67,06	— 253,60 100,0	—	—	—	15,0	M ₁₅ $\frac{\text{Cl } 86}{(\text{Na} + \text{K}) 67}$
— 313,41 100,0	1355,10 67,62 21,57	469,0 38,57 12,31	4 765,9 207,22 66,12	— 313,41 100,0	19,9	0,20	39,6	18,0	M ₁₈ $\frac{\text{Cl } 86}{(\text{Na} + \text{K}) 66 \text{ Ca } 22}$
— 888,68 100,0	2401,0 119,81 13,48	964,2 79,30 8,92	15 858,3 689,52 77,60	— 888,63 100,0	75,4	0,4	51,6	—	M ₅₁ $\frac{\text{Cl } 92}{(\text{Na} + \text{K}) 77}$
— 772,02 100,0	577,9 28,84 3,74	268,8 22,11 2,86	16 583,94 721,07 93,40	— 772,02 100,0	24,7	0,0001	18,6	38,0	M ₃₈ $\frac{\text{Cl } 96}{(\text{Na} + \text{K}) 92}$
— 1242,09 100,0	1280,0 63,87 5,15	80,0 6,58 0,53	26 910,0 1 170,05 94,32	— 1240,50 100,0	5,0	—	—	72,8	M ₇₃ $\frac{\text{Cl } 97}{(\text{Na} + \text{K}) 94}$
— 723,50 100,0	551,3 27,51 3,80	273,0 22,46 3,11	15 483,30 673,21 93,09	— 723,18 100,0	—	—	—	42,8	M ₄₂ $\frac{\text{Cl } 96}{(\text{Na} + \text{K}) 93}$

ченных к различным стратиграфическим горизонтам, колеблется в широком диапазоне.

В верхних горизонтах палеозоя и в отложениях триаса минерализация хлоридно-натриевых вод не превышает 35—50 г/л (см. табл. 68). С глубиной минерализация хлоридно-натриевых вод резко возрастает, достигая максимальных значений (до 320—400 г/л) в нижних частях разреза осадочной толщи или в наиболее погруженных зонах впадины. Высокоминерализованные воды и рассолы на территории Припятской впадины обогащены бромом, стронцием, йодом и другими микроэлементами (см. табл. 68). Образование высокоминерализованных рассолов в Припятской впадине связано с растворением солей, широко распространенных в отложениях верхнего девона в виде пластовых залежей, пропластков, гнезд, распыленных кристаллов и т. д.

Хлоридно-натриевые воды и рассолы аналогичного химического состава с давних пор известны своими целебными свойствами. Они широко используются для ванн и купаний в бассейнах на многих курортах Советского Союза, как например, «Старая Русса», «Кашин», «Куяльник», «Дорохово», «Друскенинкай», «Усолъе», «Сольвычегодск»,

«Серегово», «Цехоцинек» в Польше и др. при лечении заболеваний периферической нервной системы, гинекологических и других болезней.

Хлоридно-натриевые воды использовались и используются в лечебных целях и на территории Белоруссии. До Великой Отечественной войны на их базе в г. Бобруйске была построена бальнеологическая лечебница, в которой хлоридно-натриевые воды с большим успехом применялись при лечении некоторых форм ревматизма, болезней двигательного аппарата, ряда нервных и гинекологических заболеваний.

В настоящее время хлоридно-натриевые воды используются санаторием им. Ленина в г. Бобруйске и бальнеологической лечебницей при Минской Областной больнице. Хлоридно-натриевые воды выявлены также на территории санатория «Летцы», где предполагается организация бальнеологического лечения в виде ванн, купаний в бассейне и других процедур. Использование хлоридно-натриевых вод в лечебных целях предполагается и на проектируемом бальнеологическом курорте в районе г. Рогачева.

Хлоридно-натриевые воды (рассолы) с минерализацией более 100 г/л распространены в наиболее глубоких частях Московской и Припятской впадин. В западной части Московской впадины они были вскрыты в г. Городке Витебской области и на территории санатория «Летцы». В Городокской скважине, как и на территории санатория «Летцы», хлоридно-натриевые рассолы приурочены к мелко- и разнозернистым пескам и песчаникам оршанской свиты верхнего протерозоя, залегающим на глубине 803,0—880,9 м ниже земной поверхности. Минерализация хлоридно-натриевых рассолов изменялась здесь от 102 (сан. «Летцы») до 115 г/л (г. Городок). Данные о химическом составе этих вод приведены в табл. 69. Как видно из таблицы, в водах Городокской скважины содержится большое количество брома (180 мг/л), стронция (47 мг/л) и следы йода (0,4 мг/л).

На территории Припятской впадины хлоридно-натриевые рассолы с минерализацией выше 100 г/л имеют более широкое распространение. Они были вскрыты в Старобине (дер. Тычины), Турове, Любани, Копаткевичах, Петрикове, Домановичах, Мозыре, Ельске, Наровле, Брагине, Речице и ряде других пунктов. Приурочены хлоридно-натриевые рассолы к отложениям карбона, верхнего и среднего девона, а также к породам пинской свиты древнейшего осадочного комплекса, залегающим на глубинах от 500 до 3000 м и более.

Минерализация хлоридно-натриевых рассолов колеблется в широком диапазоне. У бортов впадины и верхних частях разреза каменноугольных и девонских отложений она изменяется от 120 до 176 г/л. В центральной, наиболее погруженной, части впадины минерализация рассолов резко возрастает, достигая 270—390 г/л. В хлоридно-натриевых рассолах, как видно из табл. 69, содержится бром, йод и некоторые другие биологически активные компоненты. В восточной части Припятской впадины хлоридно-натриевые рассолы, залегающие на глубине более 1000 м, имеют повышенную температуру, достигающую местами (районы городов Ельска и Речицы) 40—60°С и более, и содержат большое количество брома, йода и других микрокомпонентов. Ближайшим их аналогом являются рассолы боенской скважины г. Москвы и курортов «Усть-Кут» (Иркутская обл.) и «Усть-Качка» (на Каме Пермской обл.).

На территории Белоруссии хлоридно-натриевые рассолы пока не используются в лечебных целях, но они, несомненно, представляют большой интерес. При дальнейшем развитии санаторно-курортного дела республики хлоридно-натриевые рассолы должны найти применение

при лечении периферической нервной системы, гинекологических и других заболеваний.

ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНО-НАТРИЕВЫЕ ВОДЫ

Хлоридно-сульфатно-натриевые воды на территории Белоруссии не имеют широкого распространения. Они образуют относительно небольшое гидрогеохимическое поле, простирающееся узкой полосой вдоль северо-восточного склона Белорусского массива от г. Минска на север через Молодечно, оз. Нарочь, Видзы и далее до северо-западных границ БССР (см. рис. 27). В пределах этого гидрогеохимического поля хлоридно-сульфатно-натриевые воды были вскрыты буровыми скважинами в районе ж.-д. ст. Ждановичи (территория дома отдыха «Ждановичи»), в районе г. Заславля (уроч. Зеленое), в дер. Кривичи Мядельского района и на северном берегу оз. Нарочь у дер. Купы (санаторий Белкоопсоюза). В указанных пунктах они приурочены к трещиноватой зоне кристаллических пород фундамента и различным стратиграфическим горизонтам осадочной толщи.

В районе г. Заславля (уроч. Зеленое) хлоридно-сульфатно-натриевые воды содержатся в верхней трещиноватой зоне кристаллических пород фундамента, залегающих на глубине 420 м или на отметке 196 м ниже уровня моря. При абсолютной отметке устья скважины 224 м пьезометрический уровень их поднимался до отметки 201,55 м абс. высоты. Дебит скважины не превышал 2,4 м³/час, при понижении уровня воды на 14,10 м от статического. Общая минерализация воды составляет 3,99 г/л и оставалась стабильной в течение всего периода длительных откачек.

На территории дома отдыха «Ждановичи» воды этого типа заключены в песчаниках и алевролитах оршанской свиты верхнего протерозоя, залегающих на глубине 427 м или на отметке 215,5 м ниже уровня моря. Пьезометрический уровень их устанавливался в скважине на отметке 158,5 м или на 53 м ниже земной поверхности, т. е. значительно ниже, чем в районе г. Заславля. Дебит скважины при откачке эрлифтом достигал 11,8 м³/час, с понижением уровня на 11,8 м от статического. Минерализация воды составляет здесь 11,4 г/л.

В дер. Кривичи Мядельского района хлоридно-сульфатно-натриевые воды вскрыты на глубине 477,50 м, в слабосцементированных и пористых песчаниках воыно-валдайской серии (гдовские слои) нижнего кембрия. Пьезометрический уровень их поднимался выше поверхности земли. Дебит скважин, по данным опытных откачек, составлял 4,5 м³/час при понижении уровня на 7,5 м от статического. Общая минерализация воды на указанной глубине не превышала 6 г/л.

На северном берегу оз. Нарочь, у дер. Купы, воды этого типа с минерализацией 12,2 г/л были вскрыты в песках и слабосцементированных песчаниках воыно-валдайской серии (гдовские слои). При глубине скважины 467 м пьезометрический уровень их поднимался на 0,5 м выше поверхности земли, т. е. достигал отметки 167,5 м абс. высоты. Дебит скважины составлял 24 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 30 м.

Химический состав хлоридно-сульфатно-натриевых вод характеризуется данными химических анализов, сведенных в табл. 70.

Как видно из таблицы, преобладающими компонентами в составе этих вод являются хлориды и сульфаты, составляющие в сумме более 94—97 мг·экв%, и натрий, содержание которого колеблется от 84 до 92 мг·экв%. Образование хлоридно-сульфатно-натриевых вод обусловлено смешением сульфатно-кальциевых и хлоридно-натриевых

Таблица 69

Хлоридно-натриевые воды (рассолы) с минерализацией более 100 г/л

Местонахождение скважин	Год отбора пробы	Интервал опробования, м (числитель) геологический возраст опр. горизонтов (знаменатель)	pH	Форма выражения анализа	НСО ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Σ А	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Σ К	Br ⁻	J ⁻	Sr ²⁺	Минерализация, г/л	Формула химического состава воды
Город Городок Витебской обл.	1950	880,90—882,85	7,4	мг/л	73,0	2456,0	69 310,0	—	4 374,0	1944,0	37 325,0	—	180,0	0,4	47,0	115,67	M _{115,67} $\frac{Cl\ 97}{(Na+K)\ 81}$
		Pt ₂ bl		мг · экв мг · экв %	1,20 0,06	51,13 2,55	1 954,54 97,39	2006,87 100,0	218,26 10,91	159,87 7,99	1 622,89 81,10	2001,02 100,0	—	—	—	—	—
Дер. Тычины Любанского р-на	1954	595,0—610,0	8,3	мг/л	86,2	4165,0	87 611,3	—	2 458,2	395,9	5 527,92	—	—	0,2	—	150,15	M ₁₅₀ $\frac{Cl\ 96}{(Na+K)\ 93}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	1,41 0,05	86,71 3,39	2 470,64 96,56	2558,76 100,0	122,66 4,79	32,56 1,27	2 403,54 93,94	2558,76 100,0	—	—	—	—	—
То же	1954	675,0—695,0	—	мг/л	50,0	5030,0	91 960,0	—	2 840,0	780,0	57 335,3	—	—	—	—	158,02	M ₁₅₈ $\frac{Cl\ 96}{(Na+K)\ 92}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	0,82 0,03	104,72 3,88	2 593,27 96,09	2698,81 100,0	141,72 5,25	64,15 2,38	2 492,94 92,37	2698,81 100,0	—	—	—	—	—
Г. пос. Копаткевичи Петриковского района	1952	5130—572,0	—	мг/л	447,10	4512,7	163 693,7	—	1 807,6	344,80	105 750,1	—	19,6	0,1	19,0	278,0	M ₂₇₈ $\frac{Cl\ 97}{(Na+K)\ 97}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	7,33 0,16	93,95 1,99	4 616,16 97,85	4717,54 100,0	90,20 1,91	28,36 0,60	4 598,01 97,49	4716,57 100,0	—	—	—	—	—
Г. пос. Петриков Петриковского р-на, скв. 5		1362,0—1354,0	6,0	мг/л	170,0	6,0	187 209	—	21 386,0	4604,0	88 103,0	—	93,2	4,2	—	301,0	M ₃₀₁ $\frac{Cl\ 99}{(Na+K)\ 72}$
		—		мг · экв мг · экв %	2,80 0,05	0,12 0,01	5 279,29 99,94	5282,21 100,0	1 067,16 20,22	378,63 7,18	3 830,72 72,60	5276,51 100,0	—	—	—	—	—
Дер. Слободка Каликовичского р-на	1951	2500—2513	—	мг/л	61,0	628,8	188 440,0	—	10 890,5	1916,8	106 641,67	—	324,5	0,4	26,7	299,91	M _{299,91} $\frac{Cl\ 99}{(Na+K)\ 86}$
		—		мг · экв мг · экв %	1,0 0,02	13,07 0,25	5 314,01 99,73	5328,08 100,0	543,44 10,20	157,64 2,96	4 627,00 86,84	5328,08 100,0	—	—	—	—	—
Восточные Выступовичи, скв. 1		2457,0—3002,0	5,0	мг/л	37,0	782,0	191 415,0	—	6851,0	3491,0	110 673,0	—	359,5	2,9	—	313,0	M ₃₁₃ $\frac{Cl\ 99}{(Na+K)\ 87}$
		—		мг · экв мг · экв %	0,60 0,30	16,28 0,30	5 398,51 99,68	5415,3 100,0	341,88 6,30	287,07 5,30	4 790,96 87,88	5419,91 100,0	—	—	—	—	—
Г. Ельск Ельского р-на, скв. 19		2410,0—2425,0	5,6	мг/л	55,0	1900,0	178 476,0	—	2783,0	1285,0	111 060,9	—	122,3	0,3	—	296,0	M ₂₉₆ $\frac{Cl\ 99}{(Na+K)\ 95}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	0,90 0,02	39,56 0,78	5 033,02 99,20	5073,0 100,0	138,87 2,74	105,68 2,08	4 828,93 95,18	5073,48 100,0	—	—	—	—	—
Г. Брагин, скв. 1		1061,0—1083,0	6,2	мг/л	50,0	3250,0	87 500,0	—	3340,0	730,0	53 590,3	—	60,8	0,42	—	148,0	M ₁₄₈ $\frac{Cl\ 97}{(Na+K)\ 91}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	0,82 0,03	67,66 2,67	2 467,50 97,30	2535,98 100,0	166,66 6,57	60,03 2,37	2 309,29 91,06	2535,98 100,0	—	—	—	—	—
Г. пос. Наровля Ельского р-на, скв. 1	1952	733,0—745,0	—	мг/л	240,0	1620,0	105 420,0	—	880,0	380,0	67 500,0	—	1,0	0,4	63,0	176,0	M ₁₇₆ $\frac{Cl\ 98}{(Na+K)\ 97}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	3,93 0,13	33,73 1,12	2 972,84 98,75	3010,50 100,0	43,91 1,46	31,25 1,04	2 935,34 97,50	3010,50 100,0	—	—	—	—	—
Пос. Первомайск Речицкого р-на	1960	2215,0—2250,0	—	мг/л	195,20	903,4	185 225,0	—	8 909,8	1730,4	107 966,3	—	88,0	0,50	540,0	304,0	M ₃₀₄ $\frac{Cl\ 99}{(Na+K)\ 89}$
		D ₃ fm		мг · экв мг · экв %	3,20 0,06	18,81 0,36	5 223,34 99,58	5245,35 100,0	444,60 8,48	142,31 2,71	4 658,44 88,81	5245,35 100,0	—	—	—	—	—

Таблица 70

Химический состав хлоридно-сульфатно-натриевых вод

Состав вод	г. Заславль, уроч. Зеленое Минского р-на			Дом отдыха „Жлановичи“ Минского р-на			Дер. Кривичи Вилейского р-на			Дер. Купа Мядельского р-на		
	(Pt + A 420—456,2 м) *			(См ₁ vd + Pt ₂ bl 433,95—477,05 м)			(См ₁ vd 477,05 м)			(См ₁ vd 467,0 м)		
	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %	мг/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы												
Na ⁺ +K ⁺	—	58,59	92,54	3648,48	159,43	84,70	1760	76,25	76,25	3465,55	149,96	74,25
Mg ²⁺	24,02	1,97	3,11	135,0	11,10	5,90	119	9,79	9,78	213,93	17,59	8,71
Ca ²⁺	55,16	2,75	4,35	354,6	17,70	9,40	28,0	13,97	13,97	689,7	34,42	17,04
ΣК	—	63,31	100,0	—	188,23	100,0	—	100,01	100,0	—	201,97	100,0
Анионы												
Cl ⁻	1406,0	39,65	62,63	4904,0	138,30	73,47	2538,0	71,57	71,6	5342,6	150,66	74,60
SO ₄ ²⁻	963,32	20,06	31,68	2290,0	47,68	25,33	1186,0	24,69	24,7	2282,16	47,51	23,52
HCO ₃ ⁻	219,60	3,60	5,69	137,3	2,25	1,20	229,0	3,75	3,7	231,8	3,8	1,88
ΣА	—	63,31	100,0	—	188,23	100,0	—	100,01	100,0	—	201,97	100,0
Жесткость:												
а) общая	4,74	—	—	28,8	—	—	—	23,73	—	52,0	—	—
б) карбонатная	3,60	—	—	2,25	—	—	—	3,75	—	3,8	—	—
рН	—	—	—	6,5	—	—	6,8	—	—	7,0	—	—
Минерализация, г/л	3,99	—	—	11,40	—	—	6,0	—	—	12,01	—	—
	M _{3,9} $\frac{\text{Cl } 63 \text{ SO}_4 \text{ } 32}{(\text{Na}+\text{K}) \text{ } 92}$			M _{11,4} $\frac{\text{Cl } 73 \text{ SO}_4 \text{ } 25}{(\text{Na}+\text{K}) \text{ } 85}$			M _{6,0} $\frac{\text{Cl } 72 \text{ SO}_4 \text{ } 25}{(\text{Na}+\text{K}) \text{ } 77 \text{ Ca } 14}$			M ₁₂ $\frac{\text{Cl } 74 \text{ SO}_4 \text{ } 23}{(\text{Na}+\text{K}) \text{ } 74 \text{ Ca } 17}$		

* В скобках даны возраст, глубина опробования.

вод, которые в результате последующих процессов катионного обмена частично теряют ионы кальция и обогащаются ионами натрия.

Аналогами минеральных хлоридно-сульфатно-натриевых вод Белоруссии являются минеральные воды курортов «Сольвычегодск» и «Солониha» Архангельской области, санатория «Дорохово» Московской области и др. По заключению Центрального института курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения СССР, хлоридно-сульфатно-натриевые воды Ждановичской скважины могут успешно применяться для ванн и купаний в бассейнах при лечении заболеваний нервной системы. Они также могут использоваться для лечения желудочно-кишечных и гинекологических заболеваний.

Для использования хлоридно-сульфатно-натриевых вод в лечебных целях на северном берегу оз. Нарочь у дер. Купы построен бальнеологический санаторий Белкоопсоюза. В 1964 г. будет закончено строительство бальнеологического санатория в районе Ждановичей.

ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНО-НАТРИЕВО-КАЛЬЦИЕВЫЕ ВОДЫ

Хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые и сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевые воды образуют большое гидрогеохимическое поле, охватывающее северные, центральные и восточные районы Белоруссии (см. рис. 27). Генетически они связаны с гипсоносными отложениями наровского горизонта среднего девона. Образование их можно рассматривать как результаты выщелачивания гипса из отложений наровского горизонта среднего девона и смещение образующихся гипсовых вод с хлоридно-натриевыми водами наровских и нижележащих отложений среднего девона, силура, ордовика и нижнего кембрия. В результате обменных процессов они часто обогащаются натрием с частичной потерей кальция.

В пределах выделенного гидрохимического поля воды этого типа были вскрыты буровыми скважинами в г. Новополоцке, на территории санатория «Летцы», близ г. Витебска, в районе городов Могилева, Бобруйска и Рогачёва.

В г. Новополоцке хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды содержатся в прослоях слаботрешиноватых и кавернозных известняков и доломитов, залегающих в интервале глубин 240—338 м. При абсолютной отметке устья скважины 134,8 м пьезометрический уровень воды после откачки устанавливался на глубине 17 м ниже поверхности земли или на отметке 117,8 м абс. высоты. Дебит скважин, по данным опытной откачки, не превышал 0,7 м³/час, при понижении пьезометрического уровня на 20 м. Минерализация воды на глубине 240—290 м составляла 9,45 г/л. С углублением она увеличивалась, достигнув на глубине 321,4—338,5 м 12,3 г/л (табл. 35, 38).

На территории санатория «Летцы» близ г. Витебска хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды с минерализацией 3,3 г/л заключены в карбонатных породах наровского горизонта залегающих на глубине 288—340 м. В районе г. Могилева воды этого типа с минерализацией 4,86 г/л содержатся в известняках, доломитах и песчаниках, залегающих на глубине 343 м. Пьезометрический уровень их устанавливался на отметке 154,20 абс. высоты или на 15,8 м ниже поверхности земли. Дебит скважины составлял 9,2 м³/час (понижение неизвестно).

В г. Бобруйске на территории санатория им. Ленина хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды с минерализацией 6,7 г/л вскрыты в мергельно-глинистой толще наровского горизонта, залегающей на глубине 190 м. При отметке устья скважины 138,1 м абс. высоты пьезометрический уровень воды поднимался на 2,65 м выше поверхности

земли, т. е. достигал отметки 141,26 м. По данным опытных откачек дебит скважины не превышал 0,8 м³/час с понижением уровня на 19,08 м от статического. В районе г. Рогачева воды этого типа с минерализацией 4,7 г/л вскрыты скважиной на глубине 211—220 м. Пьезометрический уровень их поднимался до отметки 137,8 м абс. высоты, т. е. устанавливался на 2,2 м ниже земной поверхности. Дебит скважин, по данным опытных откачек, составлял 2,3 м³/час при понижении пьезометрического уровня на 40,0 м. Химический состав хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод характеризуется данными химических анализов, сведенными в табл. 38.

Как видно из табл. 38, общая минерализация вод хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного типов изменяется от 1,97 г/л (санаторий Летцы) до 12,31 г/л (г. Новополоцк). Соотношение отдельных компонентов является неустойчивым, оно меняется как по площади распространения, так и с глубиной, что приводит к образованию различных модификаций вод хлоридно-сульфатного или сульфатно-хлоридного типов.

Аналогами описанных хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод территории Белоруссии являются минеральные воды известных курортов Советского Союза, как, например, «Кашни» Калининской области, «Ижминвод» Татарской АССР и др.

На территории Белоруссии хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды используются для лечения желудочно-кишечных заболеваний в санатории им. Ленина (г. Бобруйск). Использование их в лечебных целях намечается в г. Новополоцке, в санатории «Летцы» близ г. Витебска и в районе г. Рогачева Гомельской области, где в ближайшее время намечается строительство республиканского бальнеологического курорта. Опыт Бобруйского санатория им. Ленина показывает, что минеральные хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды Белоруссии обладают высокими целебными свойствами.

ТЕРМАЛЬНЫЕ РАССОЛЫ ХЛОРИДНО-НАТРИЕВОГО И ХЛОРИДНО-КАЛЬЦИЕВОГО СОСТАВА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕРОВОДОРОДА

Термальные рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава широко распространены на юго-востоке территории БССР, в пределах наиболее погруженной части Припятской впадины, где они приурочены к соленосным отложениям верхнего девона или к подстилающим их осадкам среднего девона и нижнего кембрия. Залегая на больших глубинах в условиях почти полной гидрогеологической закрытости, хлоридно-натриевые и хлор-кальциевые рассолы достигают здесь предельного насыщения (минерализация 320—397 г/л) и характеризуются повышенной температурой (до 50—80°С), закономерно возрастающей с глубиной.

На территории Припятской впадины рассолы такого типа были вскрыты поисково-разведочными скважинами в Любани, Копаткевичах, Выступовичах, Шестовичах, Слободке (район г. Мозыря), Ельске, Анисимовке, Кустовнице, Стреличеве, Брагине, Речице, Первомайском.

В районе г. Ельска (скв. 7) на глубине 2780 м были вскрыты высококонцентрированные хлоридно-натриевые рассолы (минерализация 323 г/л) с большим содержанием сероводорода и повышенной температурой (42—45°С). Сероводородные рассолы Ельской скважины представляют собой законтурные воды нефтяной залежи, заключенные в межсолевых отложениях девона. Вскрытые рассолы обладали значительным напором и сильно фонтанировали. Через отверстие штуцера

диаметром 12 мм самоизлив воды составлял около 70 м³/час. Избыточное давление в скважине при самоизливе на высоте 1,5 м выше поверхности земли достигало 65 атм.

Количество сероводорода в рассолах этой скважины точно не установлено. В пробе, отобранной из самоизливающейся струи, оно составляло около 214 мг/л, а суммарное содержание серы, титруемой йодом, достигало более 230 мг/л. Однако содержание сероводорода в рассолах этой скважины в действительности гораздо большее, поскольку в процессе самоизлива значительное количество сероводорода теряется при частичной аэрации рассолов. При фонтанировании скважины из воды также выделялось большое количество газов — азота и метана. Образование сероводорода связано с биохимическими процессами восстановления сульфатов в анаэробных условиях (химический состав сероводородных рассолов приведен в табл. 71).

Таблица 71

Химический состав сероводородных рассолов (D₃Im)

Состав вод	Ельская площадь, скв. 7 (2783,0 м; 30/VI 1955 г.) *		
	г/л	мг·экв	мг·экв %
Катионы			
Na ⁺	114,06	4961,68	89,77
K ⁺	5,3	135,68	2,47
Mg ²⁺	1,08	88,77	1,61
Ca ²⁺	6,78	338,32	6,12
Str ²⁺	0,0843	1,92	0,03
NH ₄ ⁺	0,0096	0,53	0,01
ΣK	—	5526,90	100,0
Анионы			
Cl ⁻	195,33	5508,31	99,66
Br ⁻	0,0530	0,66	0,01
I ⁻	0,0004	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	0,6145	12,78	0,23
SO ₃ ²⁻	0,0182	0,33	0,01
HCO ₃ ⁻	0,2940	4,82	0,09
ΣA	—	5526,90	100,0
CO ₂ (свободная), мг/л	326,0	—	—
NH ₄ ⁺ , мг/л	9,6	—	—
H ₂ S, мг/л	214,9	—	—
B ³⁺ , мг/л	4,54	—	—
Минерализация	323,48	—	—
pH	5,0	—	—
M₃₂₃ Cl 99 Na 90			

* В скобках даны глубина опробования и дата взятия пробы воды.

Более высокая концентрация сероводорода в хлоридно-натриевых рассолах, вскрытых в верхнесолевых отложениях верхнего девона, отмечена в других скважинах Ельской структуры (скв. 17 и 18). При общей минерализации рассолов, составляющей 329 г/л, содержание сероводорода достигало 373 мг/л (Богомолов и Берзина, 1963).

По геологическим и гидрогеологическим данным наличие термальных хлоридно-натриевых и хлоридно-кальциевых рассолов с высокой

концентрацией сероводорода можно ожидать и в ряде других районов Припятской впадины. Особенно перспективной в этом отношении является, по нашему мнению, северо-восточная ее окраина в пределах Первомайской и Речицкой структур.

Ближайшим аналогом высококонцентрированных сероводородных рассолов с повышенной температурой Припятской впадины являются рассолы курорта Усть-Качка. Сероводородные рассолы с повышенной температурой, выявленные на юго-востоке Белоруссии (Припятская впадина), представляют большой интерес с лечебной точки зрения и поэтому, несмотря на большую глубину их залегания (2700—2800 м), необходимо изучить вопрос наиболее рационального использования сероводородных рассолов в курортном деле республики.

ТЕРМАЛЬНЫЕ РАССОЛЫ ХЛОРИДНО-НАТРИЕВОГО И ХЛОРИДНО-КАЛЬЦИЕВОГО СОСТАВА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БРОМА

Рассолы этого типа на территории Белоруссии распространены в наиболее глубоких частях Припятской впадины, где они приурочены к отложениям верхнего и среднего девона. Находясь в условиях весьма замедленного водообмена или практически застойного режима, хлоридно-натриевые и хлоридно-кальциевые рассолы достигают обычно высокой концентрации и характеризуются повышенной температурой (до 50—80°С). На территории Припятской впадины термальные рассолы хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава с высоким содержанием брома были выведены поисково-разведочными на нефть скважинами в районе городов Мозыря (дер. Слободка), Ельска, Речицы и деревень Анисимовки, Выступовичей, Кустовниц, Стреличева, Первомайском, г. пос. Наровли и ряде других пунктов.

В районе г. Мозыря (дер. Слободка) термальные рассолы хлоридно-натриевого состава содержатся в отложениях верхнего девона, залегающих на глубине 2600—2800 м. При общей минерализации рассолов, равной около 320 г/л, содержание брома в них достигало 407 мг/л. Температура рассолов составляла 41,1°С. Термальные бромонесные рассолы (минерализация 264—316 г/л), приуроченные к отложениям верхнего девона, были выведены поисково-разведочными на нефть скважинами в районах г. Ельска, дер. Заозерной, пос. Первомайского и др. Глубина залегания их колеблется от 1458 (дер. Стреличево) до 3414 м (пос. Первомайский). Содержание брома варьирует от 314 до 1460 мг/л.

В отложениях среднего девона, залегающих на глубине 2500 м и более, содержатся термальные рассолы более высокой минерализации с повышенным содержанием брома (до промышленных концентраций). В районе дер. Кустовниц, при общей минерализации хлор-кальциевых рассолов от 397 до 438 г/л содержание брома достигает 3750 мг/л. В районе дер. Анисимовки в хлор-кальциевых рассолах с минерализацией 376 г/л содержание брома достигает 4161—4336 мг/л. Высокое содержание брома (3532 и 3821 мг/л) установлено и в термальных хлор-кальциевых рассолах Стреличевской скважины, где они залегают на глубине 2600—2660 м. Повышенное содержание брома в термальных хлоридно-натриевых и хлор-кальциевых рассолах установлено и в ряде других пунктов Припятской впадины.

Ближайшим аналогом термальных бромонесных рассолов Припятской впадины являются рассолы курорта «Усть-Качка». Выявленные термальные рассолы с повышенным содержанием брома представляют несомненный интерес с лечебной точки зрения, но большая глубина их

залегания требует специального изучения вопроса о возможном их использовании в курортном деле республики.

Значительные ресурсы минеральных вод, пригодных для питьевого и наружного лечения, создают вполне благоприятные предпосылки для развития санаторно-курортного дела республики. Широкое распространение гидроминеральных ресурсов на территории многих районов Белоруссии позволяет выбирать места для практического их использования в таких районах, которые являются наиболее благоприятными по ландшафтным, климатическим, транспортным, экономическим и другим условиям.

Сравнительная оценка курортообразующих факторов по отдельным районам БССР показывает, что наиболее благоприятными местами для будущих бальнеологических курортов являются — район северного побережья оз. Нарочь и район оз. Барновщины Витебской обл., район г. Заславля, Минского моря и ж.-д. ст. Ждановичи Минской обл., район городов Могилева и Бобруйска (дер. Щатново) Могилевской обл., а также левобережье Днепра к северу от г. Рогачева, правобережье Днепра к северу от г. Речицы и правобережная часть р. Припяти к югу от г. Мозыря Гомельской обл.

В последние годы начали функционировать бальнеологическая лечебница при Минской Областной больнице и бальнеологический санаторий им. Ленина в г. Бобруйске, где используются хлоридно-натриевые воды в виде ванн, орошений и других процедур при лечении заболеваний нервной системы, гинекологических и др.; и хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды при лечении желудочно-кишечных заболеваний. Ведутся подготовительные работы для использования в лечебных целях хлоридно-натриевых рассолов, выявленных скважиной на территории санатория «Летцы».

В настоящее время ведется строительство бальнеологических курортов на северном берегу оз. Нарочь и в районе ж.-д. ст. Ждановичи, где будут использоваться хлоридно-сульфатно-натриевые воды при лечении заболеваний периферической нервной системы, гинекологических, желудочно-кишечных и др.

В ближайшие годы планируется строительство республиканского бальнеологического курорта на левом берегу Днепра, несколько восточнее г. Рогачева, где предполагается использовать хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые воды для внутреннего и хлоридно-натриевые воды для наружного лечения.

Заслуживает внимания и изучения вопрос о возможном строительстве бальнеологического курорта в юго-восточной части БССР, с использованием термальных сероводородных и йодо-бромных рассолов хлоридно-натриевого и хлоридно-кальциевого состава.

Заболоченные территории БССР занимают 21,7% от всей площади (Атлас БССР, 1958).

Распределяются они по республике далеко не равномерно. Наиболее заболочена территория юга (29—30%), в пределах Брестского и Припятского Полесья, наименее (1—3%) — востока республики, восточнее р. Друть в пределах Оршанско-Могилевского лёссового плато и юго-западных склонов Смоленской возвышенности.

Территориальное размещение болот и заболоченных земель по территории Белоруссии и распределение различных типов болот (по их питанию) обусловлены климатом, характером поверхности, стоком, геологическим строением, гидрогеологическими и геоморфологическими условиями отдельных районов. Большое количество осадков, малая испаряемость благоприятствуют заболачиванию.

Среди болот БССР встречаются различные типы: низинные (евтрофные), переходные (мезотрофные), верховые (олиготрофные).

Институтом торфа Академии наук БССР на территории республики выделяются пять основных торфяных районов:

I. Северный район верховых болот (холмисто-озерный район);

II. Западный район низинных болот (западный конечноморенный район);

III. Центральный район крупных верховых и низинных болот (район Березинской равнины);

IV. Восточный район небольших болот низинного типа (район юго-западных склонов Смоленской возвышенности);

V. Южный торфяной район высокой заторфованности с преобладанием низинных торфяников.

Ниже приводится описание заболоченных территорий по указанным районам.

Район верховых болот распространен на севере Белоруссии. Он охватывает полностью Витебскую область и частично северные площади Гродненской и Минской областей. Заболоченность этой территории составляет в среднем 4—6%. Для описываемого района характерно широкое развитие на значительных площадях верховых и низинных болот, причем преобладающими являются верховые. Наиболее широкое распространение они имеют в Дисненской впадине и Полоцкой низменности. К южной части района увеличивается количество низинных болот (Нарочано-Вилейская, Чашникская низменности). Торфонакопление протекает в условиях избыточного увлажнения, что обусловлено обильными атмосферными осадками и малым поверхностным стоком. Небольшие уклоны поверхности, неглубокое залегание водоупора (моренные супеси и суглинки, озерно-ледниковые глины) благоприятствуют скоплению воды в пониженных участках и переувлажнению почв и их заболачиванию. На значительных площадях

Полоцкой и Суражской низин распространены низинные болота, которые являются следствием угасания и зарастания озер, о чем свидетельствуют часто встречающиеся остаточные озера (Чистик, Островильня) и окна чистой воды на болотных массивах. На таких болотах минеральным основанием служат озерные супеси, суглинки, часто заиленные. Нижняя часть таких торфяников сложена осоково-гипновым торфом, в верхней части преобладает сфагнум, что свидетельствует о смене режима питания болота во времени. Низинные болота также развиты на участках широких долин рек Березины, Ловади, Овсянки, Усвячи, Дрисвяты, Дисны, Вилии, Цны, Нарочи, Уши, Исличи, Яршовки и многих других, а также на террасах р. Зап. Двины, на поймах и террасах целого ряда озер, которые имеют широкое распространение в описываемом районе. Кроме того, в пределах Дисненской низины встречаются заболоченные староречья различных рек. На юге первого района низинные старичные болота встречаются редко.

Широко распространены верховые болота, представляющие собой древнеозерные котловины, выполненные сфагновыми торфяниками. Верховые болота встречаются на различных геоморфологических элементах и гипсометрических уровнях. Они приурочены к наиболее пониженным участкам террас и водоразделов, древним долинам стока, замкнутым котловинам и впадинам среди моренных и зандровых равнин, а также конечноморенных гряд. В днищах балок, оврагов, древних проходных долин и долин рек в результате выклинивания подземных вод и стока их по водоупорным породам, образуются часто низинные болота.

Конфигурации и формы болот встречаются самые разнообразные, от вытянутых продолговатых до округлых и неправильных геометрических форм в зависимости от происхождения низин, выполненных болотными образованиями. Термокарстовые болота повторяют форму вытаявшего льда, старичные — формы стариц рек.

Торфа, выполняющие низинные болота, в основном являются осоковыми, переходные — осоково-гипновыми, верховые — пушице-сфагновыми. Степень разложения их самая разнообразная. Торф бурый, черный, коричневатобурый с полуразложившимися остатками древесины.

Иногда органогенные отложения болот чередуются с озерными или хемогенными отложениями. Мощность болотных отложений колеблется в широких пределах от 0,5 до 8 м (преобладает 2—3 м). На крайнем западе этого района мощность болотных отложений изменяется в основном от 0,2 до 4 м, достигая в редких случаях 1—2 м. Южнее Шумилино-Чашники наиболее распространенная мощность современных болотных отложений составляет 0,4—5 м и в единичных случаях — более 10 м. Почти вся толща этих отложений обводнена. Глубина установившихся уровней воды от поверхности земли на крайнем западе изменяется от 0,00 до 0,80 м, на хорошо дренируемых участках на глубине 1,0—1,2 м, а в восточной части района от 0,00 до 1,5 м.

Дренаж болотных отложений осуществляется речной сетью, озерными и искусственными канавами.

Питаются болота за счет атмосферных осадков и подтока вод из нижележащих водоносных горизонтов. Подстилающими их породами являются обводненные флювиогляциальные отложения валдайского и московского оледенений, современные и древнеаллювиальные отложения. Очень часто болотные образования подстилаются водоупорной толщей озерно-ледниковых и моренных суглинков и глин. Режим вод болотных отложений непостоянный, в течение года наблюдаются сезон-

ные колебания их уровня; в межень мощность обводненной толщи уменьшается на 0,4—0,7 м.

Болотные воды по типу гидрокарбонатно-кальциевые, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, жесткие, желтого, буровато-желтого цвета, неприятные на вкус, с болотным запахом. Максимальные удельные дебиты скважин при откачках из этого водоносного горизонта достигают 0,13 л/сек, при понижении 1 м.

Из-за высокой жесткости и большого содержания железа для хозяйственного и промышленного применения эти воды непригодны, а органическая загрязненность делает совершенно невозможным их применение для питьевых целей. Эти воды имеют ограниченное распространение и не могут быть рекомендованы для водоснабжения.

Западный район низинных болот охватывает почти всю Гродненскую и западную часть Минской областей. Современные болотные отложения составляют в этом районе 4—6% от всей ее территории (карта торфяного фонда БССР). Здесь распространены небольшие и немногочисленные низинные болота различной конфигурации. Они приурочены главным образом к долинам рек и тяготеющим к ним участкам. Реже встречаются в ложбинах древних водотоков, небольших замкнутых впадинах среди зандровой равнины, конечноморенного ландшафта. Болотными отложениями заполнены и древнеозерные котловины и старичные ложбины древних врезанных меандр р. Немана, а также другие понижения среди озерно-ледниковых низин, таких, как Свислочская и Цидовичская. К югу количество болот среди зандровых равнин значительно увеличивается.

Заболачиванию долин рек и образованию господствующих в этом районе низинных болот способствуют низкие берега рек, незначительный уклон долин, затрудняющий сток, высокий уровень стояния грунтовых вод, обильные атмосферные осадки (порядка 600—650 мм/год). Кроме того, образование болотных отложений происходит и за счет зарастания неглубоких озерных водоемов и депрессий древних водотоков.

На озерных котловинах и водоразделах развиты верховые болота с мощным сфагновым покровом, имеющие подчиненное распространение в этом районе. Их образованию способствует отсутствие стока, обусловленное формами рельефа, высокое положение уровня грунтовых вод и неглубокое залегание водоупорного ложа.

Обладая большой влагоемкостью и способностью удерживать в себе большое количество воды, торф аккумулирует атмосферные и поверхностные воды, инфильтрация которых в торфах в нижние горизонты происходит очень медленно.

Верховые болота питаются главным образом за счет атмосферных осадков, низинные — паводковыми водами, водами нижележащих водоносных горизонтов, а также водоносных горизонтов, залегающих гипсометрически выше болотных массивов.

Водовмещающие торфа большинства болот — низинные: топяные, осоковые, тростниково-осоковые, гипново-осоковые, топяно-лесные, осоково-ивово-лесные, осоково-ольховые, осоково-березовые и лесные, ольховые, березовые. Торф черно-бурый, в различной степени разложившийся, часто запесоченный и заиленный. По данным химических анализов, зольность торфа колеблется от 5,75 до 77,7%, степень разложения изменяется от 28 до 60%.

На верховых болотах торф сфагновый, пушице-сфагновый, плохо и средне разложившийся, бурый и коричневатобурый с полуразложившимися остатками древесины.

Мощность торфяных отложений колеблется от 0,5 до 2,0 м и редко до 5 м (дер. Градошизна). Этой толще соответствует и мощность обводненной зоны, так как очень часто болотные массивы обводнены с поверхности. Глубина залегания зеркала грунтовых вод по площади изменяется от 0 до 2 м и реже до 3 м. Этот уровень непостоянен и сильно колеблется по сезонам и в течение всего года, в зависимости от количества выпадающих осадков. В период весеннего паводка болота, особенно в пределах речных долин, обычно заливаются водой. В летний и зимний период болота дренируются реками и уровень воды их в это время значительно снижается.

В большинстве случаев воды современных болотных отложений гидравлически связаны с нижележащими водоносными горизонтами. Верхний водоупор, как правило, отсутствует. Воды болотных отложений безнапорные, мутные, имеют желтоватый цвет, неприятный вкус, запах болота, обогащены железом.

Данных о водообильности торфяников мало. Коэффициент фильтрации торфов на болотном массиве «Петрова поляна» составляет 1,98—2,76 м/сутки. Общая жесткость воды (по трем химическим анализам) изменяется от 0,4 до 2,20 мг·экв, общая минерализация изменяется от 0,12 до 0,026 г/л (табл. 72).

Таблица 72

Химический состав вод торфяников Западного района

Месторасположение работ	Жесткость, мг·экв	Содержание, мг·экв %							Минерализация, г/л
		Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ³⁺	Fe ²⁺	NH ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	
В 2,5 км севернее дер. Морочь Болото Большое Патэтище Брестской обл.	2,2	8,13	37,39	0,20	—	1,23	3,65	44,72	0,121
	1,03	0,76	0,26	0,02	0,25	0,1	0,28	1,0	0,0913

Центральный район крупных верховых и низинных болот охватывает Березинскую равнину и характеризуется широким площадным распространением обводненных низинных и верховых торфяников. Питание этих болот происходит за счет атмосферных осадков и паводковых речных вод. На тех площадях, где верхняя моренная толща размыта, описываемые болота питаются за счет вод межморенного горизонта.

В описываемом районе можно наблюдать болотные массивы, среди которых выделяются участки с различными типами болот. Примером может служить Судобольский массив. Пойменная его часть представляет собой низинное болото (мощность обводненного торфа 1—2 м), а водораздельная верховое (мощность сфагново-гипнового торфа до 5 м). На болотном массиве находится оз. Судоболь, представляющее собой реликт ранее существовавшего ледникового озера. Другой болотный массив захватывает долину р. Усяж и водораздельную площадь. Пойменную его часть занимают низинные болота (мощность торфяной толщи 4—5 м), водораздельная — болотом переходного типа (мощность торфа 1,5—5,20 м).

В описываемом районе часто встречаются реликтовые ледниковые озера, процесс заболачивания которых происходит и в настоящее время. Примером могут служить озера Великое, Малое. Мощность

современных болотных отложений изменяется от 1 до 6 м. Глубина установившихся уровней воды от поверхности земли колеблется от 0,00 до 1,5 м. Дренаж торфов осуществляется с помощью мелиоративных каналов. В результате понижения уровня воды в торфах почти полностью высохли реликтовые озера Рыбачное и Красное.

Восточный район небольших болот низинного типа охватывает юго-западный склон Смоленской возвышенности. Район характеризуется отсутствием значительных по площади болотных массивов. Скоплению подземных вод и переувлажнению отдельных участков препятствуют развитая и глубоковрезанная речная и овражно-балочная сеть, хорошие фильтрационные свойства пород, умеренное количество осадков и большие испарения.

Воды современных болотных отложений на этой территории имеют весьма ограниченное распространение. Их границы совпадают с границами развития болот, в основном низинного и переходного типов.

Болота эти незначительны по площади и развиты главным образом в пределах долин рек Днепра, Оршицы, Баси, где заболочены их древние террасы, реже поймы. Встречаются также заболоченные поймы таких рек, как Леща, Капустник, Дерновка, Дедва, Проня и их безымянных ручьев — притоков. Для всей территории, в большинстве своем представляющей эрозионно-аккумулятивную равнину, сложенную лёссовидными супесями, характерно наличие западин просадочного типа, большинство которых заторфовано, многие залиты водой. Размеры их — порядка 50×50 м. Заболачиванию этих западин способствуют в большинстве случаев атмосферные осадки, близкое залегание водоупора, реже наличие верховодки, либо влияние первого водоносного горизонта. Кроме того, на территории имеется ряд необводненных заторфованных участков. Многие болота осушены.

Обводненная толща представлена торфами различной степени разложения. Мощность водосодержащей толщи колеблется от 0,50 до 1,35 м.

Пониженные заболоченные участки частично дренируют моренные, флювиогляциальные московско-днепровские и валдайско-московские отложения и содержат в себе воды грунтовые, свободные, не перекрытые водоупором. В большинстве случаев отсутствует и нижний водоупор. Глубина установившегося уровня воды составляет 0,30—1,20 м на абсолютных отметках 160—190 м.

Глубина залегания описываемых вод на протяжении года различная. В соответствии с колебанием уровня изменяется мощность водоносной толщи торфяников. В местах наличия в толще болотных образований более уплотненных разностей торфа наблюдаются незначительные местные напоры.

Пополнение запасов этих вод происходит в основном за счет выпадающих атмосферных осадков, паводковых вод, а также подтока вод из нижележащих водоносных горизонтов и комплексов.

Формирование режима вод современных болотных образований происходит исключительно под влиянием климатических факторов.

Химическая характеристика воды приведена в табл. 73.

По физическим свойствам эти воды желтоватого цвета, без вкуса и запаха. По степени минерализации они относятся к пресным, умеренно жестким, слабосильным, гидрокарбонатно-кальциево-магниевым.

Южный торфяной район охватывает Белорусское Полесье и характеризуется высокой степенью заболоченности. Сюда входят Брестская, юго-западная часть Гомельской и южная часть Минской областей. Заболоченность здесь составляет 20—30%.

Т а б л и ц а 73

Химический состав вод торфяников центрального района

Компоненты	Пределы изменения хим. состава воды, мг/л	
	от	до
Сухой остаток	237	307
Ca ²⁺	53,6	29,18
Cl ⁻	2,0	29,16
HCO ₃ ⁻	244	—
NH ₄ ⁺	0,1	2,83
NO ₂ ⁻	0,00	0,5
Окисляемость O ₂	0,00	11,2
Концентрация водородных ионов	6,4	6,75
Жесткость общая, мг·экв	4,5	4,9

В междуречье Ясельды и Пины, где подземные воды залегают глубоко и множество мелких и более крупных сквозных долин пересекают равнину, заболачивание незначительное (Пидопличко, 1961). Имеются районы, где заболаченность исчисляется единицами и десятками долями процента. Так, например, в Наровлянском районе заболаченность составляет 0,5%, в Мозырском 3,2% (Торфяной фонд БССР).

Южная часть БССР представляет собой плоскую слабодренированную долину с небольшим наклоном в сторону р. Днепра. Высокая заболаченность территории обусловлена незначительными уклонами поверхности земли и неглубоким врезом гидрографической сети. Протекающие по этой территории реки не в состоянии обеспечить отвод накапливающихся подземных и поверхностных вод, вследствие чего наблюдается избыточное увлажнение пород и близкое залегание уровней подземных вод к дневной поверхности.

Основная масса торфяников этого района образовалась путем заболачивания суходолов. Лишь немногие болота образовались на местах бывших озер. На таких болотах между толщей торфа и минеральным основанием часто залегают отложения сапропелей различного состава и мощности.

Очертания болот нередко извилистые, расплывчатые. Болота, расположенные в котловинах термокарстового происхождения (у дер. Миневицы, у северной окраины дер. Мончаки, между деревнями Лозовка и Котелка Брестской обл.), имеют круглую форму. Южнее и западнее Пинска все генетические типы болот различной формы и конфигурации сообщаются между собой. На террасе р. Припяти болота чередуются с суходольными участками, а на отдельных площадях образуют систему болот. Слабые дренажные свойства рек Белорусского Полесья, весьма малые уклоны на их поймах, широкие весенние разливы обусловили почти повсеместное заболачивание пойм.

Водовмещающие породы представлены торфом, в различной степени разложившимся. Степень разложения торфов зависит от стадии развития болота. На верховых и переходных болотах торф обычно хорошо разложившийся, часто иловатый. Воды этих отложений свободные и лишь на отдельных участках уплотненные разности торфа и илов создают местные напоры от нескольких сантиметров до 1 м и более. Мощность водовмещающих пород изменяется от 0,5 до 8 м.

В межennyй период мощность обводненной толщи уменьшается на 0,3—0,5 м. Формирование режима подземных вод заболоченных тер-

риторий происходит в основном под влиянием климатических факторов. Весной и осенью уровень подземных вод болотных отложений повышается, летом и зимой понижается на 0,3—0,5 м.

Пополнение запасов подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, паводковых вод и за счет подтока вод из нижележащих водоносных горизонтов, а также за счет поверхностного стока со склонов прилегающих участков. На описываемой территории отмечено долгое (2—3 месяца) стояние паводковых вод.

Подстилающими породами для водонасыщенного торфа в пределах ложбин стока талых ледниковых вод служат водоносные флювиогляциальные пески московского ледника. В пределах долин рек болотные отложения подстилаются древними или современными аллювиальными песками. Реже подстилается торф малоомощными прослоями (0,3—0,8 м) серых, голубовато-серых супесей и суглинков, которые как водоупоры существенного значения не имеют. Таким образом, воды современных болотных отложений имеют тесную гидравлическую связь с нижележащими водоносными горизонтами. Уровень подземных вод болотных отложений изменяется от 0 до 0,5 м, а в засушливые годы, в меженный период он снижается на 1—1,3 м от поверхности земли. В весенне-осеннее время наблюдается повышение уровня воды. Иногда на отдельных массивах наблюдается столб воды над поверхностью болота, равный 0,4—0,5 м. Большинство болот по правобережью р. Припяти, южнее городов Петрикова, Турова, Мозыря круглый год залито водой.

Болотные отложения этого района слабо дренируются реками и сетью мелиоративных каналов. Дренажное влияние р. Припяти, а также мелиоративных систем в районе городов Дрогичина, Иванова, Пинска в межень составляет в среднем 30 м.

По всему южному району территории Белоруссии болотные массивы пересечены сетью мелиоративных канав различного поперечного сечения и протяженности. Однако большинство из них находятся в запущенном состоянии и эффективность их в настоящее время ничтожна. Примером могут служить дренажные канавы в районе озер Белого, Черного, Споровского.

Хорошо сохранившаяся дренажная сеть в пределах болот на флювиогляциальной равнине в районе городов Дрогичина, Иванова и других, более эффективна. Здесь весной и осенью уровень подземных вод находится на глубине от 0,05 до 0,1 м от поверхности земли. Благодаря хорошему дренажу торфонакопление здесь ничтожно и многие болота используются как сенокосные угодья и под посев сельскохозяйственных культур.

По долине р. Бобрик и вдоль ее наблюдаются болота, затопленные слоем воды до 0,5 м благодаря небольшим врезам этой реки и осушительных каналов.

По данным проведенных откачек из торфов видно, что дебиты скважин в зависимости от степени разложения торфа, его заиленности и обводненности изменяются от 0,5 до 0,01 л/сек—0,001 л/сек. Понижения уровня воды в скважинах при этом соответственно 0,95 и 1,0—0,4 м.

Коэффициенты фильтрации обводненных торфов изменяются от 4,28 до 0,078—0,17 м/сутки при коэффициенте водоотдачи торфов 0,20—0,1.

Для всех болот характерно преобладание гидрокарбонатно-кальциевого и гидрокарбонатно-кальциево-натриевого типов вод. Как исключение встречаются сульфатно-магниевого, сульфатно-кальциевого, хлоридно-гидрокарбонатно-кальциевого воды на низинных болотах, расположенных среди моренных равнин, что объясняется, очевидно,

минералогическим составом подстилающих водоносных и слабоводопроницаемых пород. По одному определению из девяти был получен сульфатно-хлоридно-кальциевый тип воды переходных болот, расположенных на зандровой равнине.

Как видно из табл. 74, содержание отдельных компонентов в воде увеличивается в общем от верховых к низинным болотам. Для верховых болот верхний предел общей минерализации составляет 290,6 мг/л, а для низинных — 681,1 мг/л. Общая минерализация вод для верховых болот равна 416 мг/л (по шести определениям), а для низинных болот амплитуда колебаний общей минерализации гораздо шире и минимальная ее величина составляет 37,6 мг/л. Для переходных болот минимальное значение общей минерализации равно 58,6 мг/л, а максимальное 275,5 мг/л (по шести определениям). В основном же для верховых болот характерна минерализация порядка 60—70 мг/л, а для низинных — 220—350 мг/л.

Содержание ионов различных компонентов для вод верховых и переходных болот изменяется примерно в одних пределах и характерными являются в большинстве случаев одни величины (см. табл. 74). Так, содержание НСО_3 изменяется для верховых болот от 213 до 19 мг/л, для переходных от 195 до 12 мг/л, а для низинных резко возрастает и изменяется от 512 до 24 мг/л; Ca^{2+} для верховых и переходных болот колеблется от 48 до 3 мг/л, а для низинных — от 126 до 4 мг/л; Mg^{2+} для вод верховых и переходных болот изменяется от 13 до 1 мг/л, а для низинных — от 23 до 1 мг/л.

Несмотря на некоторое различие минерализации вод разных типов болот, все воды являются пресными. Реакция воды слабокислая (рН 5—6) и в редких случаях кислая (рН 1,6) и нейтральная (рН 7). По классификации О. А. Алекина воды относятся к жестким и умеренно жестким, обогащены железом и для промышленного водоснабжения непригодны.

К настоящему времени значительная часть болотных массивов и избыточно увлажненных почв БССР уже освоена для нужд сельского хозяйства. В перспективе намечается расширение посевных площадей путем освоения заболоченных территорий.

Для сельскохозяйственного освоения избыточно увлажненных земель Полесья «Белгипроводхозом» составлена схема регулирования стока р. Припяти. Схема предусматривает создание 37 водохранилищ и 2100 прудов с общим полезным объемом 4740 млн. м³, что составляет почти $\frac{1}{3}$ среднегодового стока р. Припяти. При создании водохранилищ и прудов регулирование стока позволит интенсивно использовать около 3,5 млн. га ныне заболоченных малопродуктивных земель. Общая затопленная водохранилищами и прудами площадь при этом составит около 200 тыс. га.

Наиболее целесообразным является устройство водохранилищ не в Полесье, а на прилегающей к нему с севера территории с расчлененным рельефом, где формируется поверхностный сток. На этой территории, характеризующейся обычно сравнительно глубокими долинами рек, врезанными в толщу ледниковых и водноледниковых отложений, имеются гораздо лучшие условия для создания водоемов. Сооружение водоемов в хорошо выраженных глубоких долинах за пределами Полесья не угрожает подтоплением, а наоборот, компенсирует потерю воды, уходящей с поверхностным стоком.

Водохранилища и пруды предусматривается наполнять в период весенних и летне-осенних паводков, что даст возможность уменьшить размеры и сократить сроки затопления паводковыми водами земли, расположенные в поймах этих рек.

Сводная таблица химических анализов вод переходных,

Компоненты	Форма выражения анализа	Переходные болота		
		макс.	мин.	наиболее часто встреч.
pH		6,5	5,5	6,0
Сухой остаток	мг/л	241	49,7	160—200
Минерализация	г/л	275,6	58,6	60—70
NO ₃ ⁻	мг/л	—	—	—
NO ₃ ⁻	мг/л	—	—	—
	мг · экв			
NH ₄ ⁺	мг/л	4,5	0,2	1
	мг · экв			
Fe (суммарн.)	мг/л	—	—	—
	мг · экв	—	—	—
Cl ⁻	мг/л	10,29	3,55	8
	мг · экв	0,29	0,10	0,22
SO ₄ ²⁻	мг/л	18,51	—	—
	мг · экв	0,38	—	—
HCO ₃ ⁻	мг/л	195,2	12,20	35
	мг · экв	3,2	0,20	0,6
Na ⁺ + K ⁺	мг/л	16,79	0,46	—
	мг · экв	0,73	0,02	—
Ca ²⁺	мг/л	48,5	3,4	8—9
	мг · экв	2,42	0,17	0,4
Mg ²⁺	мг/л	12,89	1,09	3
	мг · экв	1,06	0,09	0,2
CO ₂ ⁻	мг/л	149,6	17,2	70

Таблица 74

верховых и низинных болот южного торфяного района

Верховые болота			Низинные болота		
макс.	мин.	наиболее часто встреч.	макс.	мин.	наиболее часто встреч.
6,8	5,0	6,0	7,7	1,6	6,0
241,5	48,28	190	46,24	37,2	200—300
290,6	41,6	—	681,1	37,6	220—350
—	—	—	3,13	—	—
—	—	—	1,83	—	—
			0,10		
4,5	0,40	1,5	5,25	—	—
0,25	0,02	0,08	0,29		
4,6	0,23	—	139,1	—	0—10
0,25	0,1	—	—	—	—
63,9	4,38	7,8	131,3	0,84	5—10
1,8	0,38	0,2	3,7	0,002	—
28,8	—	0,2	242,8	—	5—8
0,60	—	0,01	5,04	—	—
213,5	19,5	> 100	512,4	24,4	100—200
3,5	0,32	—	8,4	0,4	
47,8	—	3—5	97,5	—	5—15
2,08	—	—	4,24	—	—
48,4	2,8	30	126,6	3,6	60—10
2,42	0,14	0,5	6,32	0,18	—
12,9	0,5	2—3	22,5	1,22	5—6
1,06	0,04	—	1,84	0,10	—
206,8	26,6	70—80	413,6	7,0	80—120

Накопленные в водохранилищах паводковые воды предусматривается использовать для получения гидроэлектроэнергии, увеличения в межень период судоходных глубин на Припяти и ее притоках, а также для обводнения и орошения сельскохозяйственных земель.

При осушении болот на значительных площадях и применении высокой агротехники годовая норма испарения с осушенных болот (490 мм) практически не изменится по сравнению с испарением болот в их естественном состоянии. Соответственно не изменится и норма стока.

В результате осушения и освоения болот произойдут значительные изменения лишь во внутригодовом распределении элементов водного баланса:

а) увеличение стока в весенний период (с 1/III по 1/V) в 2,4 раза по сравнению с неосушенными болотами за тот же период и соответственное уменьшение испарения практически во столько же раз;

б) уменьшение испарения в мае по сравнению с неосушенными болотами примерно в 1,5 раза, за исключением участков, занятых многолетними травами, на которых испарение в мае останется прежним;

в) увеличение испарения в летний период (с 1/VI по 1/IX) по сравнению с неосушенными болотами в среднем на 30—40% (в 1,3—1,4 раза) при условии, что будет иметь место подпитка влагой посевов с поддержанием уровней грунтовых вод на глубине 0,8 м. Сток с осушенных массивов в этот период должен быть равен нулю;

г) в осенний период (с 1/IX по 1/XI) сток с осушенных болот возрастает почти в 2 раза;

д) в осенне-зимний период (с 1/XI по 1/III) сток с осушенных болот по сравнению с неосушенными уменьшится более чем в 4 раза.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Территория республики в инженерно-геологическом отношении начала систематически изучаться лишь в последнее десятилетие. Основные материалы по инженерно-геологической характеристике пород, развитых на территории республики, содержатся в отчетах геологосъемочных работ м-ба 1 : 50 000—1 : 200 000 Главгеологии БССР, а также в материалах проектных организаций (Белпромпроекта, Белгоспроекта, Белгипроводхоза, Минскпроекта, Гипросельэлектро, Гидропроекта, Промэнергопроекта, Трансмостпроекта, Госгорхимпроекта, Всесоюзного гидрогеологического треста и др.), проводивших инженерно-геологические исследования на небольших площадях.

Среди опубликованных работ, характеризующих инженерно-геологические условия Белоруссии, первостепенное значение имеют работы Г. В. Богомолова (1947), А. А. Макавеева (1946, 1956). Изучению инженерно-геологических свойств отдельных генетических типов пород посвящены работы И. Л. Дзилны (1960, 1961), Н. И. Парфеновой (1960, 1961, 1963), Н. И. Ловыгина (1961), В. Ф. Винокурова, проводившиеся в Институте геологических наук, в Политехническом институте и в Институте архитектуры и строительства АН БССР. Материалы по инженерно-геологической характеристике пород территории Белоруссии были обобщены Ю. С. Зубрицким и Л. М. Волковой. Ими была составлена обзорная инженерно-геологическая карта БССР м-ба 1 : 2 500 000.

Инженерно-геологические условия территории БССР весьма неоднородны, они определяются тектоническими условиями, особенностями рельефа, геологическим строением, а также физико-механическими свойствами пород, развитых в пределах тех или иных районов.

Разнообразие инженерно-геологических условий наглядно отражено на прилагаемой карте инженерно-геологического районирования м-ба 1 : 1 000 000, составленной Ю. С. Зубрицким, Н. И. Парфеновой, Л. М. Волковой в соответствии с методическими указаниями ВСЕГИНГЕО (Чуринов и др. 1963).

В основу построения этой карты положен принцип формационного и литолого-геологического анализа разрезов.

Под формацией поверхностных отложений понимается совокупность парагенетически связанных фациальных особенностей, которые объединены общими геоморфологическими и географическими условиями формирования поверхностных отложений, тесно связанными с новейшей тектоникой, климатом и оледенениями. К поверхностным отложениям нами относятся, вслед за И. В. Поповым, молодые в основном континентальные образования, нижняя граница которых проводится по контакту с породами коренной основы.

В пределах Белоруссии в четвертичных отложениях выделяется лишь одна ледниковая формация поверхностных отложений, которая разделяется на подформации: 1) березинского, 2) днепровского,

3) московского, 4) валдайского оледенений. На карте ледниковая формация обозначается коричневым цветом, а подформации — его оттенками.

В каждой подформации выделяются сходные по фаціальным условиям типы сочетаний горных пород, имеющих определенный возраст и литологический состав, т. е. геолого-генетические комплексы пород. Для формаций поверхностных отложений комплексы горных пород выделяются применительно к общепринятым генетическим типам (моренный, конечноморенный, флювиогляциальный, озерно-ледниковый, озерно-болотный, аллювиальный).

Для дочетвертичных отложений выделяются метаморфическая, интрузивная, нижнетерригенная, эффузивно-осадочная, терригенно-карбонатная, карбонатная и верхнетерригенная формации.

На карте типы формаций обозначаются индексами. Геолого-генетические комплексы горных пород слагают инженерно-геологические группы, характеризующиеся общностью физико-механических свойств, водопроницаемости, устойчивости в откосах и на склонах и других инженерно-геологических свойств.

В формациях коренных пород территории республики могут быть выделены следующие инженерно-геологические группы горных пород: а) скальные породы; б) скальные породы с пластичными; в) полускальные породы; г) полускальные породы с пластичными; д) песчаные породы с пластичными; е) пластичные породы с песчаными; ж) пластичные породы. В ледниковой формации поверхностных отложений: а) песчаные породы; б) песчаные породы со связными; в) связные породы с песчаными; г) связные породы с включениями обломочных; д) связные породы; е) лёссовые породы; ж) торф (см. профили по линии А-Б и В-Г).

На составленной нами карте инженерно-геологического районирования нашли свое отображение не только геолого-генетические комплексы горных пород, но и сведения об агрессивности содержащихся в них вод и современных физико-геологических процессах, т. е. данные, наиболее полно отражающие инженерно-геологические условия территории республики.

Инженерно-геологическое районирование Белоруссии произведено по регионам, областям и районам. Регионы выделяются по геоструктурной области — по геоморфологическим признакам, районы — по характеру распространения геолого-генетических комплексов горных пород.

В тектоническом отношении территория Белоруссии приурочена к западной окраине Русской платформы (регион первого порядка), которая характеризуется широким развитием более мелких структур. Причем эти структуры (второго порядка), выделенные по глубине залегания фундамента, в большинстве своем не находят своего отображения в современном рельефе Белоруссии, и выделенная по геоморфологическому признаку область, может располагаться в пределах одного, двух или даже четырех регионов, выделенных по структурно-тектоническим признакам.

На территории Белоруссии по структурно-тектоническим признакам выделяются следующие регионы, отображающие общее геологическое строение и развитие различных участков территории:

- I. Белорусский массив и его склоны.
- II. Оршанская впадина (западная часть Московской впадины).
- III. Брестская впадина.
- IV. Припятская впадина.

V. Северо-западный склон Украинского кристаллического массива.

По характеру рельефа на территории Белоруссии могут быть выделены следующие наиболее крупные области (рис. 29):

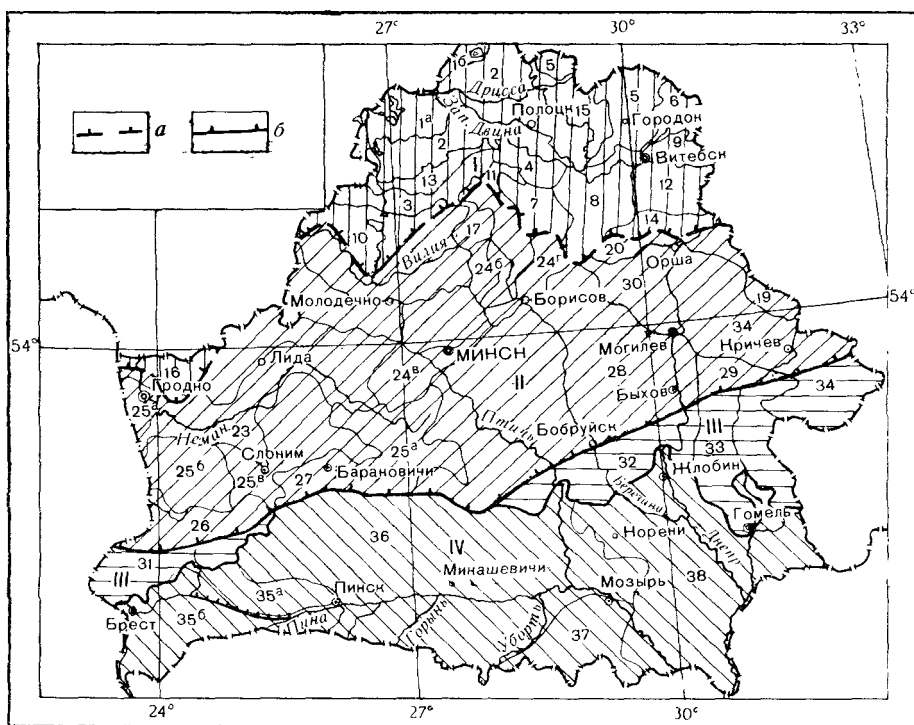


Рис. 29. Схема геоморфологического районирования БССР

I — область холмисто-моренного и озерно-ледникового рельефа в пределах площади распространения отложений валдайского оледенения. Районы и подрайоны: 1 — Балтийская гряда (1^а — Браславские гряды, 1^б — окраина Латгальской возвышенности); 2 — Полоцкая низина; 3 — Свенцянские гряды; 4 — Туровляньские гряды; 5 — Невельско-Городокская возвышенность; 6 — Суражская низина; 7 — Лепельские высоты; 8 — Чашникская равнина; 9 — Витебская возвышенность; 10 — Нарочанская низина; 11 — северная часть Верхне-Березинской низины; 12 — низины Лучесы; 13 — Глубокская низина; 14 — северная часть Оршанской возвышенности; 15 — Обольско-Верхнеднестрская низина; 16 — Средне-Неманская низина.

II — область грядово-моренного, холмисто-моренного и плосковолнистого рельефа в пределах площади распространения отложений московского оледенения: 17 — Верхне-Березинская низина; 18 — Вилейская низина; 19 — Вихрянское волнистое плато; 20 — южная часть Оршанской возвышенности; 21 — Ошмянская возвышенность; 22 — Лидская равнина; 23 — Верхне-Неманская низина; 24 — Милская возвышенность (24^а — Заславские высоты, 24^б — Плещеницкая возвышенность, 24^в — Дзержинские высоты, 24^г — Борисовская гряда); 25 — юго-западная ветвь Белорусской гряды, 25^а — Гродненская возвышенность, 25^б — Волковская возвышенность, 25^в — Слонимская возвышенность; 25^г — Новогрудская возвышенность, 25^д — Копыльская гряда и обрамляющие ее равнины; 26 — северная часть Прибугской равнины; 27 — Барановичская равнина; 28 — Центрально-Березинская равнина; 29 — Чечерская равнина; 30 — Могилевская повышенная равнина.

III — область плосковолнистого рельефа в пределах площади распространения отложений днепровского оледенения: 31 — южная часть Прибугской равнины; 32 — южная часть Центрально-Березинской равнины; 33 — Чечерская равнина; 34 — юго-восточная часть Могилевской повышенной равнины.

IV — область равнинного рельефа в пределах площади распространения отложений днепровского оледенения (Полесская низина): 35 — Брестское Полесье (35^а — Загородье, 35^б — Мухавецкая равнина); 36 — Припятское Полесье; 37 — Мозырская равнина; 38 — Приднепровская низменность.

Границы оледенений: *а* — валдайского; *б* — московского

А. Холмисто-моренный и озерно-ледниковый рельеф в пределах площади распространения отложений валдайского оледенения.

Б. Грядово-моренный, холмисто-моренный и плосковолнистый рельеф в пределах площади распространения отложений московского оледенения.

В. Плосковолнистый рельеф в пределах площади распространения отложений днепровского оледенения.

Г. Равнинный рельеф в пределах площади распространения отложений днепровского оледенения (Полесская низина).

Внутри каждой области по характеру распространения инженерно-геологических комплексов пород выделяются районы. Ниже приводится краткое описание рельефа, гидрографии, геологического строения выше перечисленных областей и характеристика инженерно-геологических условий районов с указанием некоторых физико-механических свойств (по единичным значениям), наиболее развитых в их пределах пород.

Карта инженерно-геологического районирования предназначена для целей планирования размещения разнообразного строительства на территории республики, предусмотренного перспективными планами. Она может явиться также основой для планирования более детальных инженерно-геологических исследований различных районов БССР.

Строительные материалы — валунно-галечный, пески, мел, мергели, известняки и доломиты — на территории Белоруссии распространены достаточно широко. Они подробно описаны в ряде опубликованных работ. В связи с этим их характеристика не дается, но прилагается карта распространения месторождений строительных материалов, составленная П. А. Леоновичем и Н. И. Зуевым и дополненная нами (рис. 30).

БЕЛОРУССКИЙ МАССИВ И ЕГО СКЛОНЫ

Белорусский массив — крупная положительная структура Русской платформы, охватывает центральную часть территории Белоруссии. Его склоны оконтуриваются изолинией поверхности кристаллических пород фундамента — 750 м.

В составе осадочного покрова региона принимают участие отложения белорусской, воыно-валдайской, балтийской серий, ордовика, силура, среднего девона, юры, мела, палеогена, неогена и четвертичные образования. Общая мощность осадков колеблется от 150 м в центральной части массива до 600 м и более на его периферии.

Разрез осадочного покрова на массиве характеризуется чрезвычайной невыдержанностью и частым выпадением из разреза как целых стратиграфических комплексов, так и отдельных его подразделений, что свидетельствует о крупных поднятиях и длительных процессах денудации, которые претерпел Белорусский массив в процессе своего формирования.

Среди дочетвертичных отложений региона распространены следующие геологические формации: метаморфическая и интрузивная (архейские и нижнепротерозойские отложения), нижнетерригенная (отложения белорусской серии), эффузивно-осадочная (кембрийские образования), терригенно-карбонатная (средне- и верхнедевонские отложения), карбонатная (отложения ордовика, силура, верхней юры и верхнего мела), верхнетерригенная (девонские, триасовые, среднеюрские, палеогеновые и неогеновые отложения).

Слагающие фундамент метаморфические и интрузивные формации представлены скальными породами (гнейсами, гранитами, гранодиоритами, габбро и др.). Преобладающими в осадочных формациях коренных пород являются скальные (известняки), скальные с пластичными (известняки, глины), полускальные (песчаники, туфопесчаники, мел, мергели, известняки-ракушечники, алевролиты, доломиты), полускальные с пластичными, а также песчаные и песчаные с пластичными инженерно-геологические группы пород. Широко развита ледниковая

формация — в составе подформации березинского, днепровского, московского и валдайского оледенений, среди которых доминируют песчаные и связные с включением обломочных инженерно-геологические группы комплексов пород.

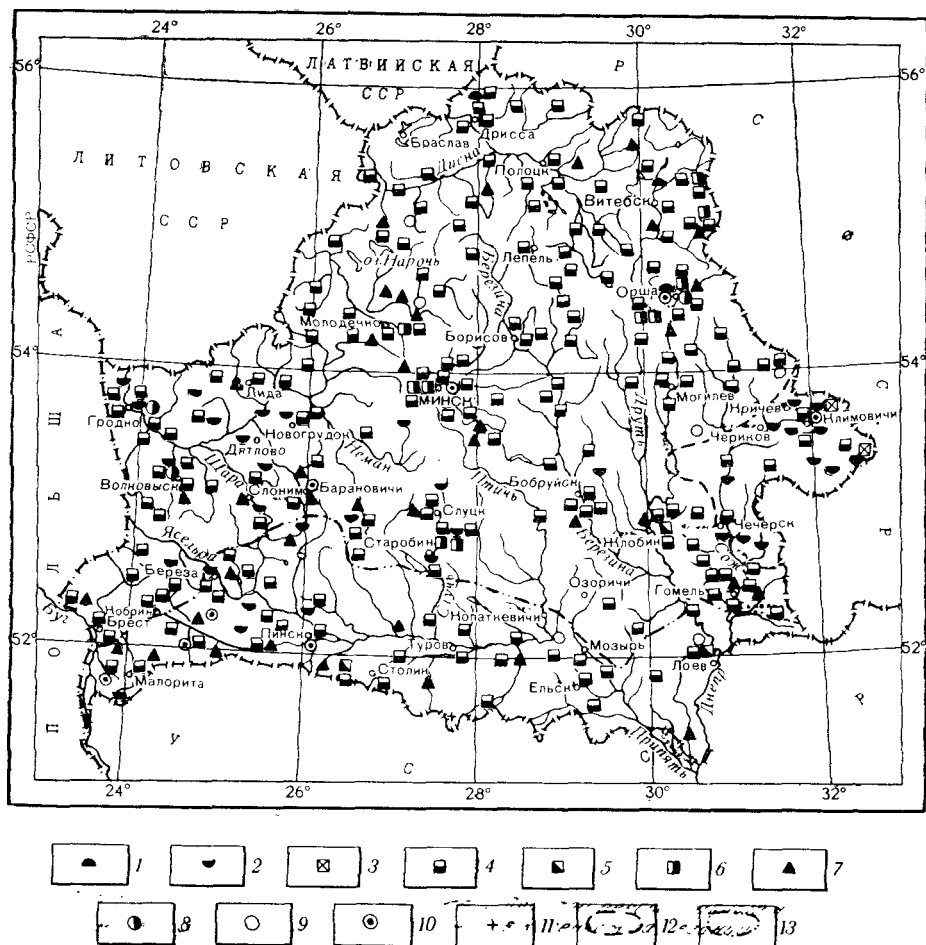


Рис. 30. Карта месторождений строительных материалов. Составили П. А. Леонovich и Н. И. Зуев

1 — доломит; 2 — мел и мергель; 3 — трапповидные породы; 4 — глины кирпичные и черепичные; 5 — глины тугоплавкие и огнеупорные; 6 — песчано-гравийный материал; 7 — песок балластный и строительный; 8 — песок формовочный; 9 — песок стекольный; 10 — песок силикатный; 11 — гранит; 12 — площади, перспективные на мел в коренном залегании; 13 — площади, перспективные на балластные, строительные и силикатные пески

В пределах Белорусского массива и его склонов, как самой крупной геоструктурной единицы, составными частями входят многие инженерно-геологические области. Наибольшее развитие имеет область грядово-моренного, холмисто-моренного и плоско-волнистого рельефа в пределах площади распространения с поверхности отложений московского оледенения. К северу она сменяется областью холмисто-моренного и озерно-ледникового рельефа в пределах площади распространения отложений валдайского оледенения, а на юге она постепенно переходит в плосковолнистый и равнинный рельеф днепровского оледенения.

ОРШАНСКАЯ ВПАДИНА (ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ МОСКОВСКОЙ ВПАДИНЫ)

Оршанская впадина располагается в северо-восточной части Белоруссии. В ее пределах кристаллический фундамент залегает на глубинах 1000—1600 м. Впадина заполнена отложениями белорусской, волыно-валдайской серий, средне- и верхнедевонскими, а также четвертичными породами.

Отложения белорусской и волыно-валдайской серий объединяются в терригенную нижнюю формацию. Это в основном пластичные, пластичные с песчаными и песчаные с пластичными, а также реже полускальные инженерно-геологические группы комплексов горных пород. Мощность их составляет 580—700 м.

Отложения среднего девона, мощность которых достигает 200—300 м, представлены верхнетерригенной формацией, в составе которой выделены преимущественно песчаные с пластичными (песчано-глинистые) инженерно-геологические группы комплексов горных пород.

Верхнедевонские отложения, которые объединяются в терригенно-карбонатную формацию, в нижней части сложены в различных сочетаниях песчаными и пластичными породами, в верхней же части залегают скальные (доломиты и доломитизированные известняки) и скальные с пластичными (глинисто-карбонатные) инженерно-геологические группы комплексов пород. Общая мощность отложений верхнего девона достигает 160—180 м.

В южной части региона развиты юрские и меловые отложения. Мощность юрских отложений, которые относятся к верхнетерригенной формации и представлены песками, глинами и алевролитами, составляет 70 м. Маломощные (10—15 м) кварцево-глауконитовые пески сеноманского возраста, а также толща (10—45 м) полускальных (мергельно-меловых) пород верхнего мела (карбонатной формации) в этой части региона залегают непосредственно под четвертичными отложениями.

Мощность комплекса четвертичных образований изменяется от нескольких метров (в долинах рек Зап. Двины и Днепра) до 100 м и более (на водозаборах), а в основном не превышает 40—60 м.

Поверхностные отложения представлены ледниковой формацией, среди которой выделяются подформации днепровского, московского и валдайского оледенений, в их составе преобладают песчаные, связные с включением обломочных и связные инженерно-геологические группы комплексов пород.

Северная часть региона относится к области холмисто-моренного и озерно-ледникового рельефа в пределах площади распространения отложений валдайского оледенения. На юге она сменяется областью грядово-моренного, холмисто-моренного и плосковолнистого рельефа в пределах площади распространения отложений московского оледенения и отчасти областью плосковолнистого рельефа в пределах площади распространения отложений днепровского оледенения.

БРЕСТСКАЯ ВПАДИНА

Расположенная на юго-западе республики Брестская впадина (часть Польско-Литовской впадины) окаймляет с юго-запада Белорусский массив. Глубина залегания фундамента в ее пределах колеблется от 1000 до 2500 м (в р-не г. Бреста и г. пос. Высокого).

В осадочном комплексе коренных отложений этого региона выделяются нижнетерригенная (кембрий), карбонатная (ордовик, силур,

пермь, юра и мел) и верхнетерригенная (палеоген, неоген) формации, которые выше перекрываются подформациями березинского, днепровского и частично московского оледенений.

В составе формации коренных отложений преобладают полускальные (мел, мергель, песчаник), полускальные с пластичными (глинистые породы), песчаные, пластичные с песчаными и пластичные инженерно-геологические комплексы горных пород. Ледниковая формация представлена песчаными и связными с включением обломочных группами пород.

В геоморфологическом отношении в пределах этого региона имеет распространение плосковолнистый и равнинный рельеф.

ПРИПЯТСКАЯ ВПАДИНА

Припятская впадина (северо-западная окраина Днепровско-Донецкой впадины) расположена на юго-востоке Белоруссии и разделяет Украинский и Белорусский массивы. Глубина залегания кристаллического фундамента в ее пределах колеблется от 1500—2000 м на западной и восточной приподнятой частях и до 4000—5000 м в наиболее погруженной центральной части.

Припятская впадина выполнена мощной толщей палеозойских и мезо-кайнозойских образований. На кристаллических (скальных) породах фундамента в западной части региона залегают песчаные с пластичными и пластичные с песчаными (песчано-глинистые) породы нижнетерригенной формации, сложенной отложениями белорусской и волыно-валдайской серий. В восточной части региона эта формация отсутствует и на фундаменте залегают скальные и полускальные (карбонатные) породы верхнетерригенной формации среднего девона (120—250 м), а также мощные песчано-глинистые, карбонатные и галогенные отложения (250—3000 м) терригенно-карбонатной и соленосной формаций верхнего девона.

Выше по разрезу залегают породы верхнетерригенной формации каменноугольного, пермо-триасового, юрского, палеогенового и неогенового возраста, а также верхнемеловые породы карбонатной формации. В отложениях верхнетерригенной формации преобладают песчаные, песчаные с пластичными, пластичные с песчаными и пластичные инженерно-геологические группы комплексов пород. Карбонатная формация почти исключительно состоит из полускальных групп комплексов пород.

Дочетвертичные отложения повсеместно перекрываются сравнительно небольшой по мощности толщей (20—70 м) пород четвертичного возраста, среди которых преобладает подформация ледниковых отложений днепровского оледенения. Она представлена песчаными, песчаными со связными с включением обломочных инженерно-геологическими группами комплексов пород.

В пределах рассматриваемого региона расположена Полесская низина.

СЕВЕРНАЯ ОКРАИНА УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Северо-западная окраина Украинского кристаллического массива занимает лишь небольшую часть юга Белоруссии. Глубина залегания изверженных и метаморфических (скальных) пород здесь колеблется от 5 до 40 м; лишь в единичных случаях породы фундамента образуют выходы на дневную поверхность. Они перекрыты отложениями карбонатной (верхний мел) и верхнетерригенной (палеогеновыми и неоген-

новыми) формациями, а также породами четвертичного возраста, представленными подформацией ледниковых отложений днепровского оледенения.

Среди карбонатной формации преобладают полускальные (мел, мергель) породы. В верхнетерригенной формации широко распространены песчаные, а также песчаные с пластичными инженерно-геологические группы комплексов пород.

Поверхностные отложения почти повсеместно представлены песчаными и лишь в отдельных случаях пластичными с включением обломочных группами пород.

Северная окраина Украинского кристаллического массива в пределах Белоруссии совпадает с южными склонами Полесской низины.

Область холмисто-моренного и озерно-ледникового рельефа в пределах площади распространения отложений валдайского оледенения

На севере Белоруссии, в пределах развития ледниковых отложений эпохи валдайского оледенения, широко распространены крупно-грядово-холмистые и холмисто-западинные формы рельефа конечно-моренных образований. Подчиненное значение имеют волнистые моренные равнины и плоские понижения озерно-ледникового рельефа. Эта территория отличается большим своеобразием, благодаря хорошо сохранившимся формам рельефа ледниковой аккумуляции валдайского оледенения.

Для всех типов рельефа севера Белоруссии характерным является наличие большого количества озер и бессточных западин. Речные долины молодые с крутыми склонами относительно узкие, с неширокими террасами, глубина врезания долин рек достигает 20—40 м.

На территории области выделяются многочисленные возвышенности и гряды, сложенные конечно-моренными образованиями валдайского ледника. Наиболее крупными из них являются: Свенцянские и Браславские гряды, а также Оршано-Витебская и Невельско-Городокская возвышенности. Их абсолютные отметки колеблются от 180 до 300 м. Относительные превышения холмов над окружающими низинами чаще всего составляют 5—50 м, однако иногда достигают 110—140 м. Холмы и гряды сложены неоднородными по составу грубыми валунными суглинками, супесями, песком с гравием, галькой и валунами.

Моренные равнины обычно сложены грубыми супесями и суглинками с линзами песка и большим количеством валунно-галечного материала. Эти участки малообводнены, характеризуются высокой устойчивостью грунтов и могут служить надежным основанием для любых видов сооружений. Однако при оценке их инженерно-геологических условий следует учесть большую невыдержанность литологического состава пород в разрезе и по простиранию.

Озерно-ледниковые равнины (Полоцкая и др.) расположены в пределах средней части бассейна реки Зап. Двины и ее крупных притоков: Дисны, Дриссы и выделяются в рельефе севера Белоруссии как плоские, слабоволнистые, пологовогнутые котловины. На многих участках поверхность их заболочена, заторфована и расчленена котловинами многочисленных озер. Широкое распространение получили здесь золотые и каменные холмы и гряды, относительное превышение которых достигает 10—25 м.

Наиболее крупной водной артерией области является Зап. Двина. Она пересекает рассматриваемую область в широтном направлении

с востока на запад. Ширина русла р. Зап. Двины не превышает 180 м, глубина достигает 1,5—2,5 м. Долина Зап. Двины и ее притоков (реки Каспли, Усвячи, Уллы, Дисны, Дриссы, Сарьянки и др.) хорошо выражены в рельефе, имеют поперечное сечение близкое к V-образным. В местах пересечения моренных возвышенностей долина р. Зап. Двины узкая, ее ширина не превышает нескольких сотен метров, а в пределах озерно-ледниковых равнин достигает 4—10 км. Пойма рек выражена слабо и характеризуется относительными высотами, порядка 1,5—4,0 м. Первая надпойменная терраса широко развита не только в долине р. Зап. Двины, но и по наиболее крупным ее притокам. Высота террасы увеличивается от 5—7 м в пределах Суражской озерно-ледниковой равнины до 7—8 м на Полоцкой низине. Ширина ее обычно не превышает 1 км, однако местами увеличивается до 3—4 км. Вторая надпойменная терраса возвышается на 12—15 м над меженным уровнем воды в реках и хорошо выражена на равнинных участках территории, где ее ширина достигает 5—6 км.

Мощная толща четвертичных отложений рассматриваемой области (до 100—190 м) залегает на верхнедевонских доломитах и доломитизированных известняках с прослоями мергелей, а в южной и юго-западной частях области на песчано-глинистых породах среднего девона. Наибольшие мощности приурочены к участкам древних погребенных доледниковых долин. В долине р. Зап. Двины девонские отложения местами находятся близко (до 14 м) от дневной поверхности, иногда вскрыты руслом реки.

В толще четвертичных отложений прослеживаются два-три наиболее выдержанных горизонта морен, разделенных в основном песчаными межморенными водно-ледниковыми, с линзами озерно-аллювиальными, образованиями.

В основании четвертичной толщи местами залегают древние озерно-аллювиальные глинистые породы и мелкозернистые пылеватые пески, сильногумусированные, с прослоями и линзами торфа.

Останцы моренных отложений березинского оледенения вскрываются в местах наиболее глубоких древних эрозионных размывов. Литологически они представлены грубыми супесями и суглинками, а также отчасти песками с включением до 5% гравия, гальки и валунов общей мощностью свыше 10—20 м.

Березинско-днепровские межморенные отложения также не имеют широкого площадного распространения. Они залегают на глубине 20—100 м и состоят из разнозернистых песков с линзами гравийных, а в отдельных случаях гумусированных, иногда плотных вязких глин, а также супесей. Мощность их колеблется от 2 до 40 м.

Широко распространены в этой области и днепровские моренные отложения. Они вскрываются на глубине 40—80 м и представлены темно-серыми и буровато-коричневыми грубыми супесями и суглинками, плотными, карбонатными, с редкими прослоями ленточных глин, с линзами песка. Мощность этих отложений не превышает 30 м.

Днепровско-московские межморенные образования, развитые также широко, представлены песками, разнозернистыми, гравелистыми. Глубина залегания их колеблется от 30 до 75 м, мощность обычно не превышает 6—20 м. Местами в толще межморенных отложений вскрываются линзы озерно-ледниковых глин, погребенных торфяников, сильногумусированных супесей и тонкозернистых песков.

Московские моренные отложения почти повсеместно распространены в пределах области. Они состоят из буровато-коричневых, красно-бурых супесей, суглинков и глин с гравием, галькой и валунами. Мощность их колеблется от 2 до 45 м, чаще всего не превышает 15 м.

Московско-валдайские межморенные образования представлены преимущественно мелко-, реже среднезернистыми песками, с включениями гравия и гальки, с линзами крупнозернистых и гравийных песков, а также прослойками ленточных глин, тонких гумусированных супесей, суглинков, сапропеля, торфа и илов. Мощность межледниковых торфов достигает 3 м. Общая мощность межморенных отложений колеблется от 3 до 50 м, местами достигает 70 м. Они прослеживаются на глубинах от 6 до 60 м.

Морена валдайского оледенения также почти повсеместно распространена в пределах области и размыта лишь в долинах крупных рек. На значительной части территории она перекрыта маломощной толщей водноледниковых образований эпохи отступления валдайского оледенения.

Из физико-геологических явлений в пределах области распространены болотообразовательные процессы, плоскостной смыв дождевыми и талыми водами, оврагообразование, а также оползневые процессы.

В пределах рассматриваемой области по условиям распространения генетических комплексов пород выделяются семь инженерно-геологических районов, в пределах которых широким распространением пользуется подформация валдайского оледенения.

Район преимущественного развития суглинисто-обломочных пород геолого-генетического комплекса основной морены времени валдайского оледенения (glQ_{III})

Ледниковый комплекс по составу слагающих его пород объединяется в две инженерно-геологические группы: а) связанных пород с включением обломочных (красно-бурые суглинки и супеси с гравием, галькой и валунами); б) связанных пород с песчаными (валунные супеси и суглинки с линзами и слоями разнотернистого, часто глинистого песка, а также гравийно-галечникового материала). Мощность комплекса колеблется от 3—8 до 30 м. Он довольно выдержан по простиранию и занимает около половины территории области.

Валдайские моренные отложения — супеси и суглинки грубые, плотные, опесчаненные, насыщенные гравием, галькой и валунами, относятся к высокоустойчивым породам.

В составе моренных отложений, по данным гранулометрического анализа (около 80 определений), содержится песчаных фракций 52—64%, пылеватых — 18—56%, глинистых — 6—22%.

Показатели физико-механических свойств колеблются в широких пределах в зависимости от состава пород и условий их залегания. Естественная пористость изменяется от 26 до 38% (по 45 анализам). Пластичность этих пород также разнообразна, для них характерно число пластичности от 3 до 13%.

Супеси и суглинки, находящиеся в естественных условиях в полутвердом и тугопластичном состоянии, оказывают высокое сопротивление при сжатии и сдвиге. Угол внутреннего трения составляет 26—31°, некоторые разности пластичных тяжелых суглинков имеют ϕ равным 18—25°, а величину сцепления равной 0,14—0,37 кГ/см². По степени сжимаемости эти породы относятся к слабо- и среднесжимаемым (коэффициент компрессии (α) колеблется от 0,002 до 0,022 см²/кГ).

В естественном залегании сопротивление моренных пород сжатию и сдвигу увеличивается за счет включения гравия, гальки, валунов прочных кристаллических пород. Допускаемое давление на моренные супеси и суглинки принимается до 3 кГ/см². Эти породы относятся

к одним из наиболее устойчивых, могущих служить надежным основанием различных сооружений.

Внутри морены имеются линзы песков от мелко- до крупнозернистых. Неоднородность гранулометрического состава определяет и большие колебания их водопроницаемости, коэффициент фильтрации изменяется от 0,11 до 12 м/сутки.

Породы валдайского ледникового комплекса залегают главным образом на толще межморенных, преимущественно водно-ледниковых, московско-валдайских образований. Они представлены мелкозернистыми песками с линзами средне- и крупнозернистых. В их составе содержание песчаных фракций колеблется от 12 до 96%, гравийных от 2 до 22%, пылеватых от 2 до 11%. Поэтому они неоднородны и по водопроницаемости коэффициент фильтрации равен 4—5 м/сутки, в крупнозернистых песках может быть более 25 м/сутки.

В толще этих пород имеются прослои и линзы озерно-аллювиальных суглинков и глин, высокопластичных, нередко обогащенных органическими примесями, сильносжимаемых, со слабым сопротивлением сдвигу (φ равен 14—19°).

Первый от поверхности водоносный горизонт находится на глубине от 2 до 5 м, реже до 8 м. В линзах и прослоях внутриморенного песка содержатся воды с незначительным напором (0,6—2, редко 15 м). По химическому составу эти воды с пестрой минерализацией, преимущественно до 1 г/л, в основном относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

К ледниковому комплексу приурочены болотообразовательные процессы, плоскостной смыв дождевыми и талыми водами почвы и подстилающих ее пород на склонах моренных возвышенностей, а также развитие оврагов.

Глубина промерзания на рассматриваемой территории достигает 80—100 см без снегового покрова и равна 50—65 см при его наличии.

Рассматриваемый район в целом обладает благоприятными инженерно-геологическими условиями.

Район преимущественного развития суглинисто-обломочных и песчано-глинистых пород геолого-генетического комплекса конечноморенных образований времени валдайского оледенения (glтQ_{IIIv})

Породы конечноморенных образований по их литологическому составу в пределах района объединяются в три инженерно-геологические группы: а) связных пород с включением обломочных (валунные суглинки и супеси); б) связных пород с песчаными (суглинки, супеси, глинистые пески, реже пески с гравием, галькой и валунами); в) песчаных пород со связными (глинистые пески, пески с прослоями и линзами супесей и суглинков, а также гравийно-галечниковый материал).

Для данного комплекса характерна сильная изменчивость литологического состава пород в разрезе и по простиранию. Преобладающим типом пород в комплексе являются связные породы с включением обломочных.

Комплекс получил широкое распространение к югу от г. Полоцка, а также в юго-западной части области. Отдельные конечноморенные гряды наблюдаются в районе г. Витебска, северо-западнее г. Орши, а также в юго-западной части района.

Мощность данного комплекса достигает 65—68 м. Конечноморенные образования, состоящие из супесей грубых, опесчаненных с линзами и прослоями глинистых песков с гравием и галькой, песков средне- и крупнозернистых и гравийно-галечного материала, представ-

ляют собой довольно прочную породу с высокими несущими свойствами. Расчетные сопротивления для них принимаются не менее 3 кг/см^2 .

Грунтовые воды имеют спорадическое развитие в пределах пространства комплекса конечноморенных образований. Они залегают на глубине от 3 до 30 м от дневной поверхности.

На территории развития рассматриваемого комплекса пород из физико-геологических явлений имеют место плоскостной смыв и оврагообразование.

В целом район обладает благоприятными инженерно-геологическими условиями. Широко развитые здесь плотные и слабопроницаемые валунные супеси и суглинки не вызывают опасений в смысле устойчивости их как оснований сооружений.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса водноледниковых образований времени отступления валдайского оледенения ($igl_s Q_{III}^v$)

Геолого-генетический комплекс водноледниковых образований времени отступления валдайского оледенения широко развит в пределах области, однако в большинстве случаев он маломощный (0,5—6 м) и лишь на отдельных участках севернее г. Орши, северо-восточнее г. Полоцка на участках развития озов и камов мощность его достигает 20 м и более.

Водноледниковые образования представлены различными по крупности песками, чаще всего мелкозернистыми с включением до 10—20% гравийно-галечного материала. Они объединяются в инженерно-геологическую группу песчаных пород. В толще водноледниковых песков местами встречаются линзы и прослои связных пород (супесей, суглинков и глин).

В составе песков преобладают мелкие и тонкие песчаные частицы диаметром от 0,25 до 0,05 мм. Пески в основном кварцевые, с примесью до 12% полевых шпатов и не более 2% темноцветных минералов. В составе гравийно-галечного материала преобладают изверженные породы.

Водноледниковые пески относительно рыхлые. Пористость песков в естественном состоянии составляет 41—51%. Угол естественного откоса в сухом виде достигает 37—46°, под водой — 30—32°, коэффициент фильтрации этих песков колеблется от 2,2 до 8 м/сутки. Разности мелкозернистых пылеватых песков с преимущественным содержанием в своем составе тонкой песчаной фракции (0,10—0,05 мм) в водонасыщенном естественном состоянии являются плывунами.

Грунтовые воды, заключенные в водноледниковом комплексе, залегают на глубине 0,5—5 м, в основном — 2—3 м. Наличие прослоев глинистых пород на некоторых участках способствует проявлению слабого напора этих вод (0,5—2 м).

Из физико-геологических процессов, приуроченных к данному комплексу пород, развиты плоскостной смыв на склонах, оврагообразование, развевание песков, а также болотообразовательные процессы на пониженных участках рельефа.

Инженерно-геологические условия в целом для этой территории можно считать благоприятными для строительства, за исключением участков с близким залеганием уровня грунтовых вод и развития водноледниковых песков-плывунов.

Район преимущественного развития ленточных глин и песчаных пород геолого-генетического комплекса озерно-ледниковых отложений времени отступления валдайского оледенения ($lglsQ_{III}v$)

Он охватывает Полоцкую низину, а также отдельные низинные участки восточной части области.

Породы озерно-ледниковых образований в пределах района можно объединить в следующие инженерно-геологические группы: а) связные породы (ленточные глины, суглинки); б) связные породы с песчаными (ленточные глины, суглинки, пески); в) песчаные породы со связными (пески, ленточные суглинки, глины); г) песчаные породы (пески мелко- и среднезернистые).

Западная и восточная части Полоцкой низины почти полностью сложены плотными ленточными глинами, в остальной же части распространены пески или ленточные глины с прослоями песчаных пород.

Ленточные глины состоят из чередующихся тонких прослоев вязких, пластичных глин и тонкозернистых песков. По гранулометрическому составу они характеризуются преимущественным наличием пылеватых (39—60%), глинистых (30—55%) частиц и тонкопесчанистых (фракция — 0,10—0,05 мм) частиц (1—20%). В ленточных суглинках содержание глинистых частиц снижается до 10—28%.

Наиболее вязкие разности этих пород высокопластичны (число пластичности до 20—27%), пористость — 35—50%. Естественная влажность глин составляет 22—33%. Естественная консистенция глинистых пород колеблется от тугопластичной до пластичнотекучей.

По степени сжимаемости они характеризуются как средне- и слабосжимаемые, коэффициент компрессии колеблется от 0,002 до 0,045 $см^2/кг$.

Ярко выраженная слоистость пород способствует проявлению анизотропии целого ряда физических (коэффициента фильтрации и др.) и механических свойств. Довольно низкое сопротивление пород сдвигающим усилиям несколько отличается по наименьшим значениям показателей в направлении, перпендикулярном слоистости от данных, полученных при испытании тех же образцов в направлении параллельном слоистости. В первом случае коэффициент внутреннего трения ($tg \varphi$) колеблется от 1,175 до 0,420, угол внутреннего трения равен 10—23°, величина сцепления при этом варьирует от 0,3 до 1 $кг/см^2$, в направлении параллельном слоистости, и $tg \varphi$ изменяется от 0,15 до 0,54 φ составляет 8—28°, величина сцепления колеблется от 0,1 до 0,8 $кг/см^2$ (Алексеева, 1957). Ленточные суглинки являются обычно средне- и слабосжимаемыми, по сравнению с глинами оказывают более высокое сопротивление сдвигу (φ в основном изменяется от 25 до 29°).

Пески преимущественно мелкозернистые, кварцевые, с примесью до 10% полевых шпатов и незначительного количества темноцветных минералов, характеризуются хорошей окатанностью и сортировкой. В их составе основную роль играют частицы диаметром 0,25—0,05 мм (83—95%). Степень плотности песков изменяется от 0,25 до 0,60. В водонасыщенном естественном состоянии мелкозернистые пылеватые разности этих песков являются плавунками. Пористость таких пород может достигать 50—60%. Пески имеют угол естественного откоса 27—36° в сухом состоянии и 23—32° под водой. Коэффициент фильтрации их колеблется от 0,7 до 6 $м/сутки$. Расчетные сопротивления озерно-ледниковых песков равны 1,5—2 $кг/см^2$.

Мощность озерно-ледниковых отложений очень изменчива и колеблется в широких пределах, не превышая, однако, 10—15 м.

Подземные воды, заключенные в комплексе озерно-ледниковых отложений, вскрываются на глубине 0,2—5 м. Они в основном безнапорные, редко с напором до 0,5—2 м.

К озерно-ледниковому комплексу горных пород приурочены болото-образовательные и оползневые процессы, а также отчасти развевание слабозакрепленных песчаных отложений.

Вследствие близкого залегания уровня грунтовых вод, широкого распространения заторфованных пород, а также мягкопластичных высокосжимаемых и характеризующихся слабым сопротивлением сдвигу ленточных глин, район, особенно Полоцкая низина, является сложным для проведения крупного гражданского и промышленного строительства. Плывунные пески и высокопластичные ленточные глины могут вызывать оплывание откосов и способствовать развитию оползневых процессов.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса, аллювиальных отложений пойменных и надпойменных террас долин рек (alQ_{IV}, alQ_{III})

Район охватывает долины рек, наиболее крупными из которых являются долины Зап. Двины, Дисны, Дриссы.

Аллювиальные образования в пределах района представлены песчаными породами (мелко-, реже средне- и крупнозернистыми песками) и в меньшей мере песчаными породами со связными (песками с прослоями и линзами тонких супесей, суглинков и глин, нередко гумусированных и заторфованных).

Аллювиальные отложения современных пойм состоят преимущественно из мелкозернистых песков. В основании, в русловом аллювии, преобладают средне- и крупнозернистые пески, линзами гравелистые. В верхней части аллювиальной толщи, в пойменном аллювии, наблюдаются супесчаные и суглинистые прослои, иногда гумусированные, заторфованные мощностью от 0,5—1 до 2—3 м. Мощность аллювия пойм колеблется от нескольких сантиметров до 4—5 м, реже 7—9 м. В аллювиальных песчаных отложениях песчаные фракции составляют 77—95%, гравийные — 4—24%, пылеватые — 1—23%. Пористость пород в уплотненном состоянии равна 34—39%. Угол естественного откоса под водой составляет 28—31°.

В толще аллювия первых надпойменных террас ярко выражены пойменные и русловые отложения. Пойменный аллювий представлен песками мелкозернистыми, супесями и суглинками. Русловый аллювий состоит преимущественно из средне- и крупнозернистых песков, в основании с включениями гравия, гальки и мелких валунов кристаллических пород. Мелкозернистые пески характеризуются относительно высокой пористостью, порядка 40—50%. Угол естественного откоса (под водой) этих песков равен 28—29°.

Среди аллювиальных отложений первых надпойменных террас залегают многочисленные линзы старичного аллювия мощностью до 1—1,5 м. Они представлены разнообразными породами — супесями, суглинками, глинами, заиленными песчаными и глинистыми отложениями, илом, торфом. Высокопластичные глинистые породы находятся часто в пластично- и скрытотекучем состоянии, сильно сжимаемые под нагрузкой и оказывают слабое сопротивление сдвигу (наименьшее значение угла внутреннего трения снижается до 15°).

Маломощные толщи аллювия вторых надпойменных террас сложены в основном средне- и крупнозернистыми песками, гравелистыми, реже мелкозернистыми мощностью 1,5—2,0 м, иногда до 6 м. Водо-

проницаемость песчаного аллювия высокая, коэффициент фильтрации его колеблется от 0,5 до 14,0 м/сутки.

Пойменные отложения, как правило, водонасыщены. Уровень грунтовых вод в пределах пойм находится на глубине от 0,1 до 3 м. Воды по химическому составу гидрокарбонатно-кальциевые, слабо-минерализованные, неагрессивные, в значительной степени загрязнены.

Подземные воды, заключенные в древних аллювиальных отложениях, залегают на глубине от 0,5 до 4 м. Бóльшей частью они также гидрокарбонатно-кальциевые, слабоминерализованные.

Моренные суглинки, глины и супеси валдайского оледенения, в бассейне р. Зап. Двины и ее притоков, характеризуются высокой устойчивостью, плотные, грубые, насыщенные песчано-гравийным материалом, галькой и валунами. Моренные суглинки и супеси в природных условиях находятся в полутвердом или тугопластичном состояниях. Естественная пористость этих пород достигает 40—48%. Они характеризуются довольно высокой пластичностью (число пластичности колеблется от 11 до 50). Сопротивление пород сдвигу и сжатию изменяется в больших пределах в зависимости от их состава, естественного состояния и степени насыщения гравием, галькой и валунами. Значения угла внутреннего трения варьирует в пределах от 14 до 31°.

Морена московского оледенения, местами залегающая неглубоко от поверхности земли вблизи долины Зап. Двины, более грубая по составу, моренные супеси и суглинки содержат большое количество гравийно-галечникового и валунного материала. Пористость моренных супесей и суглинков московского оледенения не превышает 30—36%. Число пластичности колеблется от 4 до 19%. Породы находятся в твердом, полутвердом и тугопластичном состояниях. Они характеризуются повышенным сопротивлением сжатию и сдвигу (ϕ составляет 31—35°).

В долине р. Зап. Двины на многих участках прослеживается неглубокое залегание девонских отложений (1—1,5 м), иногда обнажающихся в русле реки. Примером является участок западнее г. Витебска (в 17 км), где залегают вблизи от поверхности трещиноватые и сильнокаверновые верхнедевонские доломиты и доломитизированные известняки.

Водопроницаемость доломитовой толщи очень высокая, коэффициент фильтрации достигает 30 м/сутки. Подземные воды доломитовой толщи напорные. Величина напора местами отмечается до 5—9 м над урезом реки. Вблизи русла на порожистых участках наблюдаются грифонные источники. Подземные воды доломитовой толщи обычно гидрокарбонатно-кальциевые, неагрессивные, общая минерализация их равна 0,3—0,4 г/л.

Верхнедевонские глинистые породы в долине Зап. Двины вскрыты местами на глубине 7—35 м. Глинистые породы довольно плотные (пористость равна 28—46%), высокопластичные ($M_p = 10—236\%$), сильносжимаемые.

На всем протяжении долины Зап. Двины и ее притоков прослеживаются обвалы, реже оползни (вследствие подмыва рекой). Оползни развиты на участках, где крутой береговой склон сложен озерными глинистыми породами или моренными суглинками. На крутых склонах образуется ряд цирков шириной 20 м, глубина захвата склона оползнем составляет около 8—10 м.

В долине Зап. Двины карбонатная толща верхнего девона сильно закарстована, однако внешних морфологических проявлений карста не наблюдается. Небольшие (5—30 см в диаметре) каверны образовались по плоскости напластования за счет выщелачивания ядер фауны и стенок канальцев — ходов илоедов, а также за счет выщелачивания

в доломите гнезд землистой структуры и продуктов выветривания (Болотина, 1951).

Как видно, инженерно-геологические условия района характеризуются большим разнообразием и на отдельных участках относительно сложны, благодаря наличию в толще аллювия прослоев и линз слабых глинистых пород, обладающих низкой несущей способностью. Однако по природным условиям район в целом не вызывает больших затруднений инженерно-геологического освоения, за исключением отдельных участков с развитием органических заиленных или заторфованных глинистых пород и торфа, а также участков с возможным возникновением оползней, где потребуются специальные мероприятия по их укреплению.

На порожистых участках долины надежным основанием сооружений могут быть верхнедевонские доломиты и доломитизированные известняки. Устойчивость их не вызывает опасений, временное сопротивление раздавливанию доломитов в среднем равно 525 кг/см^2 . Все же необходимо отметить сильную водопроницаемость кавернозных разновидностей этих пород, весьма неблагоприятную при строительстве водохранилищ.

Район преимущественного развития торфяно-илистых пород геолого-генетического комплекса озерно-болотных отложений (IhQ_{III-IV})

Комплекс современных озерно-болотных отложений имеет распространение на различных по размерам обособленных участках по всей территории области. В пределах района породы комплекса можно объединить в следующие инженерно-геологические группы: а) торф (торф, иногда заиленный, сапропелевые илы); б) песчаные породы (заиленные и заторфованные мелкозернистые пески); в) связные породы с песчаными (тонкие гумусированные супеси, суглинки и пески). Преобладает торф. Мощность данных пород колеблется в пределах от 0,5 до 3,5 м, реже достигает 6 м и более.

Это сильновлагоемкие, слабоводопроницаемые породы, которые находятся в пластичнотекучем и текучем состоянии, сильносжимаемые, обладающие слабой несущей способностью. Торф развит моховой, мхово-древесный или травяной, мхово-травяной, часто илистый. Физико-механические свойства торфа зависят от степени разложения. При слабой степени разложения (5—10%) водопроницаемость их высокая (K равен около 4 м/сутки), а при степени разложения 50% коэффициент фильтрации снижается до 0,6 м/сутки (Винокуров [и др.], 1962). Несущая способность торфа очень низкая, ориентировочно принимают расчетное сопротивление, равное $0,7 \text{ кг/см}^2$. Осадки под действием нагрузок могут быть более 50%.

Уровень первого от поверхности водоносного горизонта в пределах распространения комплекса озерно-болотных отложений залегает на глубине в среднем от 0 до 1 м. Воды слабоминерализованные, гидрокарбонатно-кальциевые, в отдельных случаях оказывают агрессивное действие на бетон на портланд-цементе.

В связи с широким развитием торфа и высокосжимаемых заторфованных и заиленных песчаных и глинистых пород, а также вследствие близкого залегания уровня грунтовых вод район является неблагоприятным для гражданского и промышленного строительства.

Район развития песчаных пород геолого-генетического комплекса золотых отложений (eolQ_{III-IV})

Наиболее широко развит золотой комплекс в северной части области, где он занимает значительные по площади массивы. Отдельные холмы, гряды, сложенные золотыми отложениями, и участки рас-

пространения кучевых песков разбросаны по всей территории области. Золовые образования объединяются в инженерно-геологическую группу песчаных пород.

Пески кварцевые, с примесью полевых шпатов и темноцветных минералов, обычно хорошо отсортированные, чаще всего мелкозернистые мощностью 1,5—5 м, реже до 15 м. Расчетные сопротивления мелкозернистых песков средней плотности равны 2 кг/см^2 , а уплотненных — $2,5 \text{ кг/см}^2$. Расчетный угол трения мелкозернистых песков при коэффициенте пористости 0,7 равен 30° . Отложения золового комплекса почти безводные.

Область грядово-моренного, холмисто-моренного и плосковолнистого рельефа в пределах площади распространения отложений московского оледенения

Центральная часть территории Белоруссии представляет собой пологоволнистое моренное плато с отдельными крупными всхолмлениями конечноморенных образований.

Наиболее возвышенная часть территории служит водоразделом между бассейнами рек Черного и Балтийского морей. Поверхность этой территории, первоначально обусловленная аккумуляцией московского ледника, сильно сглажена денудационными процессами и расчленена последующей глубинной эрозией.

В пределах рассматриваемой области обширные территории заняты пологоволнистыми моренными равнинами московского оледенения (Лидская, Столбцовская, к востоку от Минска и др.). Они характеризуются абсолютными отметками 120—180 м. Относительное превышение положительных форм рельефа над понижениями изменяется в пределах 1—7 м. Долины рек врезаются до глубины 15—20 м. Поверхность равнин расчленена ложбинами, часто заболоченными и заторфованными.

Пологоволнистые равнины сложены валунными суглинками и супесями с линзами разнозернистых песков.

Конечноморенные холмы и гряды образуют ряд возвышенностей. Наиболее крупными из них являются: Ошмянская, Минская, Гродненская, Новогрудская, Волковыская, Слонимская, Копыльская и др. Их высота различная. Относительное превышение отдельных куполообразных холмов достигает 50—60 м, реже 120 м. Абсолютная высота отдельных точек измеряется 295—320 (Ошмянская возвышенность) и 346 м (Минская возвышенность).

На поверхности Минской, Ошмянской и Новогрудской возвышенностей отмечается развитие лёссовидных образований. Поверхность возвышенностей расчленена оврагами, балками, ложбинами стока, речными долинами и значительно сглажена денудационными процессами. Отмечаются большие скопления валунов на размытой поверхности супесей и суглинков, насыщенных гравием, галькой и валунами, а также песчано-гравийных отложений, слагающих гряды конечноморенных образований.

Наиболее крупными реками центральной части Белоруссии являются Неман с притоком Вилией, Березина, Свислочь, Днепр (верховье) и др.

В пределах Минской возвышенности глубина (врез) долин достигает 30—40 м. Ширина их колеблется от нескольких метров до 1—2 км. На низинных участках, особенно в южной части области, реки слабо врезаются по отношению к окружающим формам рельефа. Ширина

долин рек увеличивается до 3—5 км и даже 10 км. В долинах Днепра, Немана, Березины выделяется не менее трех террас: одна пойменная и две надпойменных.

Долина р. Днепра при пересечении Оршано-Могилевского плато глубоко врезана (до 80 м), ширина ее здесь — 0,4—1,5 км. Ширина русла реки выше г. Орши составляет 60—70 м, ниже — достигает 100 м. Южнее долина расширяется до 10—15 км (южнее г. Рогачева), ширина русла увеличивается до 0,5—0,6 км. Глубина реки в среднем составляет 1,5—2 м, реже достигает 3 м. Пойма Днепра возвышается над урезом воды в реке на 6—7 м, а южнее г. Могилева снижается до 4 м, поверхность ее на этом участке часто заболочена. Первая надпойменная терраса изменяется по высоте от 16 м (в пределах развития лёссового плато) до 7—8 м (в южной части данной области). Вторая надпойменная терраса развита не повсеместно, наиболее четко она выражена в рельефе по левобережью на высоте 40 м над урезом воды в реке, а южнее плато снижается до 23 м.

В долине р. Березины (правого притока р. Днепра) пойменная терраса низкая (1,5—2 м), на многих участках заболоченная. Первая надпойменная терраса имеет высоту над урезом воды в реке 3—4 м, также часто заболочена.

Высота второй надпойменной террасы в верховье достигает 22 м (при впадении р. Свислочи), в средней части долины снижается до 16—14 м и еще более в низовье долины.

Ширина долины р. Немана колеблется от 5—10 до 30 км (в пределах низменности), а при пересечении Гродненской возвышенности она не превышает 1,5—3 км. Ширина русла изменяется от 50 до 170 м, глубина равна 1—2,5 м, за исключением отдельных переуглублений до 8 м в районе Гродно. Амплитуда колебаний уровня воды в меженный период и в весенний паводок составляет около 4 м.

Пойма реки ясно выражена, ширина ее колеблется от 1,5—2 до 4—5 км. Высота над меженным уровнем реки составляет 3—4 м (высокого уровня). Низкий уровень снижается до 0,5—1,5 м. В пределах возвышенности пойма местами отсутствует или имеет незначительную ширину. Первая надпойменная терраса прослеживается в виде узких полос по всей долине реки и ее притокам (Щаре, Росси, Молчади, Котре), на некоторых участках ширина террасы увеличивается до 30 км. Высота ее над меженным уровнем воды составляет не более 7—8 м.

Вторая надпойменная терраса возвышается на 8—11 м над урезом воды, максимальная ширина ее достигает 15—20 км. Первая и вторая надпойменные террасы резко суживаются и часто прерываются в пределах Гродненской возвышенности.

Четвертичные образования в пределах рассматриваемой области имеют значительную мощность (от 50—60 до 350 м). Большей частью они залегают на кварцево-глауконитовых песках и мергельно-меловых породах верхнего мела, а на севере района — известняково-доломитовых отложениях и песчано-глинистых породах среднего девона.

Предледниковые песчано-глинистые отложения с прослоями торфа, березинская морена, а также залегающие на некоторых участках межморенные березинско-днепровские песчаные отложения, составляют мощную толщу в основании четвертичных отложений западной и центральной частей области.

Залегающая выше по разрезу днепровская морена имеет широкое распространение в пределах области особенно в западной ее части. Мощность толщи валунных супесей, суглинков и глин колеблется от нескольких метров до 30—45 м. Залегают они на глубине от 20 до 35 м

от поверхности земли. В восточной части области днепровская морена размыта и сохранилась лишь в понижениях дочетвертичного рельефа.

Межморенные отложения, разделяющие моренные толщи московского и днепровского оледенений, представлены водноледниковыми мелко- и среднезернистыми песками с линзами песчано-гравийного материала и прослоями межледниковых озерно-аллювиальных гумусированных супесей, суглинков и песков.

Моренные образования московского оледенения почти сплошным чехлом покрывают территорию области. На значительных пространствах они перекрыты маломощной (до 1—5 м) толщей водноледниковых мелко- и среднезернистых песков времени отступления московского оледенения.

На рассматриваемой территории развиты следующие физико-геологические процессы: оврагообразование, подмыв береговых склонов, оползни, заболачивание пойм и понижений на водоразделах, а также суффозия на участках развития лёссовидных образований.

Инженерно-геологические условия рассматриваемой области в целом характеризуются как относительно благоприятные. Широко развитые с поверхности конечноморенные образования и отложения основной морены, а также мощные накопления флювиогляциальных образований являются весьма устойчивыми, пригодными для возведения на их различных видов сооружений.

В пределах области грядово-моренного, холмисто-моренного и плосковолнистого рельефа в зоне московского оледенения по условиям распространения генетических комплексов пород выделяются шесть инженерно-геологических районов, в пределах которых широко развиты подформации московского оледенения.

Район преимущественного развития супесчаных и суглинистых пород с включением обломочных геолого-генетического комплекса основной морены времени московского оледенения ($glQ_{II}m$)

Морена московского оледенения пользуется широким распространением в пределах области. Породы ледникового комплекса района объединяются в инженерно-геологическую группу связанных пород с включением обломочных (красно-бурые супеси и суглинки, бесструктурные, грубые, известковистые, плотные, сильно насыщенные гравием, галькой и валунами изверженных, метаморфических и осадочных пород). В них нередко встречаются маломощные прослойки и линзы различных по гранулометрическому составу песков и гравийно-галечникового материала.

Мощность моренных отложений московского оледенения очень неравномерная и изменяется от 2 до 20 м, в отдельных случаях достигает 50 м. В составе этих пород, по данным гранулометрических анализов, преобладают песчаные фракции (68%), пылеватые (17%) и глинистые (11%) содержатся в небольшом количестве; гравийные зерна составляют 2%. Минеральный состав песчаных фракций представлен в основном кварцем, микроклином, полевым шпатом с примесью мусковита, биотита, граната, глауконита и других минералов.

Глинистая фракция этих пород представлена на 44,5% кварцем, 20,5% — минералов группы монтмориллонита, 15,7% — мусковита, 7% — каолинита, 7% — полевых шпатов и других минералов.

Морена характеризуется плотным сложением (пористость в среднем по 100 образцам равна 29%) и твердой, реже тугопластичной и мягкопластичной консистенцией. В отдельных случаях естественная пористость моренных супесей и суглинков достигает 38—48%, при этом

число пластичности изменяется от 18 до 49%. Коэффициент компрессии колеблется от 0,003 до 0,057 $\text{см}^2/\text{кг}$ (при $p=3 \text{ кг}/\text{см}^2$), что указывает на слабую сжимаемость этих пород. Угол внутреннего трения в среднем равен 26° . В естественных условиях сопротивление сдвигу значительно выше, так как породы насыщены гравием, галькой и валунами. Допустимое давление принимается равным $3-4 \text{ кг}/\text{см}^2$ на суглинистые породы тугопластичного состояния и $2-3 \text{ кг}/\text{см}^2$ в случае их пластичной консолидации (Винокуров, 1962).

Внутриморенные, преимущественно мелкозернистые пески имеют пористость 32—38%. Допускаемая нагрузка не должна превышать $2 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта колеблется от 0,5 до 9—11 м, в отдельных случаях он напорный (величина напора до 5 м). Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, слабоминерализованные, в абсолютном большинстве неагрессивные.

На площади распространения ледникового комплекса наиболее широко развиты оврагообразовательные процессы, а также заболачивание пониженных участков рельефа. Инженерно-геологические условия площади распространения моренных отложений весьма благоприятны с точки зрения пригодности ее для осуществления различных видов строительства.

Район преимущественного развития супесчаных, суглинистых, а также песчаных пород с включением обломочных геолого-генетического комплекса конечноморенных образований времени московского оледенения ($gl_{Q_{II}m}$)

Конечноморенные отложения имеют широкое распространение в пределах области, где они слагают крупные гряды и возвышенности (Ошмянская и Минская возвышенности, юго-западная ветвь Белорусской гряды). В их составе преобладает инженерно-геологическая группа связных пород с включением обломочных (валунные супеси и суглинки). На отдельных участках эти отложения представлены валунными песками, в большинстве глинистыми, с прослоями и линзами супесей, а также гравийно-галечникового материала, которые относятся к инженерно-геологическим группам песчаных пород и песчаных пород со связными.

Конечноморенные отложения содержат большое количество отторженцев мела, объединенных в инженерно-геологическую группу полускальных пород, а также доломитизированных известняков, входящих в инженерно-геологическую группу скальных пород.

Мощность ледниковых отложений московского ледника в области развития конечноморенных образований достигает 100—150 м и более. Они обычно безводные. В местах спорадического распространения грунтовых вод последние залегают на глубинах от 10—50 м и более.

Расчетные сопротивления моренных супесей и суглинков, а также гравийно-галечникового материала и некоторых разностей глинистых песков (при коэффициенте пористости 0,7) составляют около $3 \text{ кг}/\text{см}^2$. Допускаемая нагрузка на песчаные породы превышает $2,5 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Инженерно-геологические условия района характеризуются большим разнообразием в отношении пригодности отдельных участков для различных видов строительства. Наиболее благоприятные условия отмечаются на участках, сложенных с поверхности прочными валунными супесями и суглинками. На участках, сложенных литологически

неоднородной толщей песков, суглинков, супесей и глин, необходимо учитывать возможность неравномерных осадок при возведении сооружений.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса водноледниковых образований времени отступления московского оледенения ($lg_1 Q_{II} m$)

Водноледниковый комплекс по составу слагающих его пород объединяется в две инженерно-геологические группы: а) песчаных пород (мелко-, средне- и крупнозернистые кварцевые пески с гравием и галькой), б) песчаных пород со связными (разнозернистые пески, глинистые пески с прослоями тонких супесей и суглинков). Породы водноледникового комплекса широко распространены в центральной и западной частях области. На большей площади толща их маломощная (1—5 м), однако местами их мощность достигает 15—20 м и более.

Помимо флювиогляциальных отложений, среди водноледниковых широким распространением пользуются озовые и камовые отложения. Их мощность варьирует в пределах от 5 до 50—60 м. Камы сложены в основном слоистыми разнозернистыми песками с линзами гравийно-галечникового материала. Озы также состоят из песков, богатых гравием, галькой и валунами.

Водноледниковые пески по физико-механическим свойствам неоднородны, что объясняется разнообразием их состава. Пористость в рыхлом состоянии изменяется от 35 до 45% и в уплотненном от 30 до 44%. Коэффициент фильтрации их колеблется от 0,5 до 12 м/сутки, однако в крупнозернистых и гравелистых песках он может достигать и 25 м/сутки. Угол естественного откоса песков в сухом состоянии не превышает 32° и под водой — 27°. Пески относятся к слабо- и средне-сжимаемым, угол внутреннего трения изменяется от 29 до 37°. Расчетные сопротивления песков средней плотности составляют 2 кГ/см², а плотных — 3 кГ/см².

В пределах площади распространения водноледниковых отложений уровень грунтовых вод залегает на глубинах от 0,5 до 20 м. Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, слабоминерализованные, в восточной части района характеризуются небольшими напорами (до 10 м).

В описываемом районе широко развиты процессы заболачивания. На отдельных слабо закрепленных растительностью участках наблюдается развевание песков.

Район развития лёссовидных образований ($rg Q_{III} v$)

Лёссовидные образования развиты на востоке Белоруссии, в пределах Оршанско-Могилевского плато, а также на небольших участках Новогрудской и Минской возвышенностей.

Лёссовидные породы здесь представлены преимущественно легкими супесями более пылеватыми, чем соответствующие породы Украины (Ловыгин, 1961). Их мощность колеблется от 0,5—3 до 7—10 м.

В лёссовидных супесях (реже суглинках) по средним данным гранулометрических анализов (75 анализов) преобладают пылеватые фракции (72,4%), песчаные содержатся в количестве 18,6%, глинистые — 9%. Для лёссовидных пород характерно наличие большого количества карбонатов в виде зерен в разных гранулометрических фракциях и тонкорассеянного дисперсного вещества (<0,001 мм).

Минеральный состав глинистых фракций лёссовидных пород характерен наличием гидрослюд, в значительном количестве содержится монтмориллонит и в меньшей мере нонтронит, аллофан. Помимо основного глинистого минерала, имеются примеси кварца, полевого шпата, микроклина и плагиоклазов. Водные вытяжки из этих пород относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу со слабой общей минерализацией.

Покровные лёссовидные породы характеризуются как высокопористые рыхлые, с устойчивыми структурными связями в сухом состоянии. При замачивании некоторые их разности могут дать посадку под давлением. Естественная пористость их изменяется от 28,9 до 53,3%. Их объемный вес колеблется от 1,50 до 2,12 г/см³, удельный вес — от 2,65 до 2,68 г/см³. Естественная влажность лёссовидных пород изменяется от 6,2 до 24,6%, в среднем равна 15,5%. Пластичность их невысока, W_p в среднем равна 4,5, W_f — 24,9 и W_p — 20,4%. Эти породы оказывают относительно большое сопротивление сдвигу. Коэффициент сдвига в среднем составляет 0,696, $\text{tg } \varphi$ — 0,632, величина сцепления — 0,193 кГ/см². По степени сжимаемости лёссовые породы неоднородны, что полностью зависит от плотности их сложения. Коэффициент компрессии ($p = 0,5$ —2 кГ/см²) в среднем равен 0,016, т. е. эти породы относятся к среднесжимаемым. В толще лёссовидных отложений наблюдаются горизонты погребенных почв.

Уровень грунтовых вод в пределах распространения лёссовидных образований почти повсеместно залегает на глубинах свыше 10 м. Нередко эти воды напорные.

С лёссовидными отложениями на территории Белоруссии связаны просадочные явления, а также оврагообразовательные процессы. Просадочные явления наблюдаются в виде небольших округлых понижений глубиной 1—2 м и диаметром 300—500 м. Но в целом на всей рассматриваемой территории просадочность пород выражена слабо по сравнению с соответствующими породами средней Азии и Украины. Слабая степень просадочности таких недоуплотненных лёссовидных супесей, по мнению Н. И. Ловыгина (1961), связана со значительным содержанием в составе глинистых фракций высокоактивных минералов группы монтмориллонита, способствующих набуханию пород при замачивании. Большое влияние на просадочность оказывает естественная влажность и природное состояние этих пород.

Для рассматриваемого района необходимо учитывать возможность оползания стенок выработок и неравномерные осадки лёссовидных образований в основании различных сооружений при дополнительном увлажнении пород, залегающих выше уровня грунтовых вод.

Инженерно-геологические условия всего района в целом являются относительно благоприятными. Лёссовидные породы в пределах Белоруссии, как показал опыт строительства, являются достаточно надежным основанием при правильной планировке и выполнении водозащитных мероприятий.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса аллювиальных отложений пойменных и надпойменных террас рек (alQ_{IV}, alQ_{III})

Район охватывает площади распространения аллювиальных отложений рек Немана, Днепра, Березины, Вилии, Птичи и их многочисленных притоков.

Аллювиальные отложения по литологическому составу объединяются в инженерно-геологическую группу песчаных пород (мелко-,

средне- и крупнозернистые пески, хорошо окатанные и хорошо отсортированные, на поймах нередко заиленные, пылеватые и глинистые, на надпойменных террасах с включением единичных зерен или послойных скоплений гравия, гальки и даже мелких валунов). Повсеместно в толще аллювия наблюдаются маломощные линзы и прослойки гумусированных и заиленных супесей, суглинков и уплотненных торфов. Мощность аллювиальных отложений не превышает 7 м, но на отдельных участках долин крупность рек может достигать 15—20 м.

Аллювиальные пески — кварцевые с примесью до 12% полевых шпатов и около 1% темноцветных минералов. Пески имеют относительно высокую пористость (в рыхлом состоянии 38—41%, в уплотненном — до 34%). Угол естественного откоса в воздушно-сухом состоянии в среднем равен 33—35° и под водой колеблется от 25 до 33°. Угол внутреннего трения достигает 32°. Коэффициент фильтрации песков колеблется от 0,1 до 10—15 м/сутки.

Грунтовые воды в пределах пойм вскрываются на глубине от 0,5 до 5—10 м в пределах надпойменных террас. Воды обычно гидрокарбонатно-кальциевые, с общей слабой минерализацией (до 200 мг/л). На поймах иногда отмечается агрессивность вод, обусловленная большим содержанием свободной углекислоты.

В районе широко развиты оползневые процессы (в долине р. Днепра), подмывы берегов, а также процессы болотообразования.

Песчаные аллювиальные отложения первых надпойменных террас в основном являются устойчивыми. Весьма неудовлетворительные инженерно-геологические условия наблюдаются в пределах пойм, для которых характерна большая неоднородность литологического состава, наличие прослоев и линз старичных пород, слабая их уплотненность и близкое залегание от поверхности земли уровня грунтовых вод. Допускаемая нагрузка на такие грунты не превышает 1—1,5 кг/см². При этом вызывает опасение неравномерная осадка основания.

Район преимущественного развития торфяно-илистых пород геолого-генетического комплекса озерно-болотных отложений (I_{1h}Q_{III-IV})

Озерно-болотные отложения развиты в долинах рек, а также на отдельных пониженных участках водораздельных пространств. Они объединяются в инженерно-геологическую группу торфяных пород (торф, торф землистый с прослойками ила), а также имеющую незначительное распространение инженерно-геологическую группу песчаных пород со связными (заиленные, гумусированные и сильнонасыщенные органическими примесями тонкозернистые пески, супеси и суглинки). Их мощность колеблется от 0,5 до 5 м, в редких случаях превышает 6 м. Наиболее крупные участки развития озерно-болотных отложений наблюдаются у истоков рек Березины и Немана. Торфа травяные, мхово-травяные, мхово-древесные, тростниковые, в основном хорошо разложившиеся, с прослойками и линзами тонких песков и супесей, вязкие, в нижней части толщи нередко уплотненные. Водопроницаемость торфа зависит от степени разложения. При слабой степени разложения коэффициент фильтрации может достигать 2—3 м/сутки, в торфах со степенью разложения более 50%, коэффициент фильтрации не превышает 0,5 м/сутки.

Гумусированные пески, супеси и суглинки сильно насыщены органическими примесями. Потери при прокаливании составляют 6—28%. Присутствие органических веществ повышает влагоемкость этих пород

и их пластичность. Число пластичности глинистых пород колеблется от 18 до 32 %.

Озерно-болотные отложения — это сильносжимаемые породы, обладающие слабой несущей способностью. Допускаемая нагрузка на песчаные породы со связными составляет 0,5—1,0 кГ/см², а для торфа не превышает 0,5 кГ/см².

Уровень грунтовых вод в пределах болотных массивов залегает на глубинах менее 1 м. Воды — гидрокарбонатно-кальциевые, слабо-минерализованные, в отдельных случаях агрессивные в отношении бетона.

Инженерно-геологические условия рассматриваемого района характеризуются как весьма неудовлетворительные.

Область плосковолнистого рельефа в пределах площади распространения отложений днепровского оледенения

Область представлена двумя отдельными сравнительно небольшими участками в юго-западной и восточной частях Белоруссии. С севера область ограничивается границей московского оледенения и с юга — областью Полесской низины.

Восточный участок области простирается от г. Любани до границы республики. Здесь имеет место слабовсхолмленная моренная равнина, сложенная ледниковыми и отчасти водноледниковыми отложениями днепровского оледенения. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 145 до 213 м.

К востоку от Днепра рельеф имеет вид невысокого плато, понижающегося в южном направлении, поверхность которого расчленена глубокими (до 40 м) долинами рек. Западнее Днепра простирается Центрально-Березинская низина, усложненная группами холмов полуразрушенных моренных гряд и образованиями золотого происхождения.

Наиболее крупными реками данной территории являются Днепр, Сож с притоками Беседью, Березиной, Друтью и Птичью. Долины этих рек хорошо выражены в рельефе. В долинах Днепра, Сожа и Березины развиты три террасы: пойменная и не менее двух надпойменных, в долине Птичи, Друти, Беседи — лишь пойма и повсеместно одна надпойменная терраса. Поймы рек Днепра, Сожа и Березины аккумулятивные, возвышаются на 1—3 м над урезом воды в реках. Ширина их достигает 2—3 км. Первая надпойменная терраса также аккумулятивная, имеет высоту около 5—7 м. Вторая надпойменная терраса высокая (15—20 м) эрозионно-аккумулятивная, с малой мощностью аллювия (1—2 м, реже 4—8 м).

Западный участок области расположен в основном в пределах Прибугской равнины, волнистоплоская поверхность которой здесь приподнята на 150—200 м над уровнем моря. На отдельных участках появляются моренные холмы и гряды. Наиболее крупной является Беловежская гряда. Характерной особенностью района является его расчленение многочисленными, но неглубокими сквозными долинами. Наиболее крупной рекой является пограничная река Зап. Буг.

В основании четвертичной толщи области залегают разнообразные по гранулометрическому составу пески времени наступания березинского ледника. Они имеют локальное распространение, мощность их не превышает 5 м. Моренные плотные грубые валунные супеси и суглинки березинского ледника имеют здесь повсеместное распространение и характеризуются мощностями порядка 0,5—40 м.

Моренные образования березинского и днепровского оледенений разделены довольно мощной (4—20 м) песчаной толщей водноледни-

кового происхождения. Пески мелко-, средне- и крупнозернистые, нередко пылеватые и глинистые с прослойками тонких слоистых суглинков и глин, а также с линзами торфа и ила.

Днепровская морена имеет почти повсеместное распространение и размыта лишь в долинах крупных рек. На значительных пространствах морена перекрывается толщей покровных водно-ледниковых отложений, преобладающие мощности которых составляют 2—8 м.

В пределах области распространены болотообразовательные и оврагообразовательные процессы, а в бассейне реки Сожа — карстовые явления в толще меловых образований.

По условиям распространения геолого-генетических комплексов пород в области выделяются три инженерно-геологических района, в пределах которых широким распространением пользуется подформация днепровского оледенения.

Район преимущественного развития супесчано-суглинистых пород с включением обломочных геолого-генетического комплекса основной морены времени днепровского оледенения ($glQ_{\text{Дн}}$)

Этот район охватывает почти всю восточную, а также отдельные участки западной части области.

Геолого-генетический комплекс основной морены по составу слагающих его пород объединяется в инженерно-геологическую группу связных пород с включением обломочных, представленных сильноуплотненными грубыми карбонатными валунными супесями и суглинками с прослойками и линзами разнозернистых песков и гравийно-галечникового материала, мощность толщи которых достигает 10—20 м.

В составе моренных супесей и суглинков содержится около 50—70% песчаных частиц, 10—45% пылеватых и 5—25% глинистых частиц. Естественная влажность колеблется от 9 до 13%. Число пластичности редко превышает 8%. Пористость моренных отложений в рыхлом состоянии колеблется в пределах от 49—54% и в уплотненном — от 39—44%. Породы обладают высокой несущей способностью, средне- и слабосжимаемые, с высоким сопротивлением сдвигу (φ до 20°) и могут служить надежным естественным основанием различного рода сооружений. Допускаемая нагрузка на моренные отложения равна 3—3,5 кг/см².

Уровень первого от поверхности водоносного горизонта почти всюду залегает на глубинах свыше 3—6 м. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, слабоминерализованные, в основном неагрессивные, на левобережье р. Сожа обладают небольшими (до 10 м) местными напорами.

Четвертичные отложения, мощность которых в пределах района колеблется от 20 до 80 м, залегают на размытой поверхности палеогеновых кварцево-глауконитовых мелкозернистых песков или непосредственно на мергельно-меловых породах верхнего мела.

Мергельно-меловые породы в восточной части области выходят на дневную поверхность и часто служат основанием зданий, промышленных и гражданских сооружений, мостовых переходов, в связи с чем представляет интерес более подробное рассмотрение их инженерно-геологических свойств.

Основным породообразующим минералом мергельно-меловых пород является карбонат кальция. Глинистые минералы коллоидной фракции представлены гидрослюдой и монтмориллонитом. Содержание глинистых частиц изменяется в пределах 44—84%. Пористость мер-

гельно-меловых пород колеблется от 43 до 53%. Разности «разжиженного» мела имеют более рыхлое сложение (Дзилна, 1961, 1962).

В естественных условиях меловые породы характеризуются скрытопластичным состоянием, мергели — скрытопластичным твердым состоянием. Породы «разжиженного» мела отличаются скрытопластичной, иногда скрытотекучей консистенциями.

Мергельно-меловые породы ненарушенной структуры по компрессионным свойствам характеризуются как слабосжимаемые. Сопротивление сдвигу этих пород высокое. Угол внутреннего трения колеблется в пределах 33—37°. В состоянии нарушенных естественных структурных связей эти породы по степени сжимаемости относятся к средним и сильносжимаемым.

Толща мергельно-меловых пород расчленена серией трещин горизонтального и вертикального направлений. К верхним горизонтам обнаженной толщи мергельно-меловых пород (до глубины 7 м) приурочены карстовые полости, заполненные песчано-глинистыми отложениями. На поверхности мергельно-меловой толщи карстовые воронки выражены в виде углублений до 10 м в диаметре и глубиной до 1—2,5 м. Мелкие карстовые полости вскрываются и на глубине 5—10 м, особенно в зоне интенсивного водообмена вблизи речных долин.

Таким образом, инженерно-геологические условия рассматриваемой территории сравнительно благоприятны с точки зрения поведения пород в период строительства и эксплуатации различных видов сооружений. Залегание с поверхности или на небольшой глубине моренных супесей и суглинков, на некоторых участках мергельно-меловых пород, обеспечивает высокую устойчивость сооружений. Правда, разности «разжиженного» мела при вибрации могут переходить в плавунное состояние.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса водноледниковых отложений времени отступления днепровского оледенения ($fgl_s Q_{II} dn$)

Район имеет распространение в основном в западной части области.

Водноледниковые отложения по их литологическому составу в пределах района объединяются в две инженерно-геологические группы: а) песчаных (мелко-, средне- и крупнозернистые пески с включением гравия и гальки) и б) песчаных пород со связными (разнозернистые пески, тонкие супеси и суглинки). Преобладающей является песчаная инженерно-геологическая группа пород. Мощность толщи водноледниковых образований очень неравномерная и изменяется от 2 до 20 м.

Покровные водноледниковые пески, преимущественно мелкозернистые, реже среднезернистые, относительно рыхлые, пористость их в рыхлом состоянии составляет 36—57%. Угол естественного откоса этих песков колеблется в рыхлом воздушно-сухом состоянии от 30 до 32° и от 37 до 46° — под водой. Коэффициент фильтрации изменяется в пределах 2—13 м/сутки. Модуль осадки песков при нагрузке 5 кГ колеблется от 10 до 80 мм/м, а модуль компрессии равен 0,003—0,03 кГ/см². Следовательно, пески слабо- и среднесжимаемые, сопротивление их сдвигающим усилиям довольно высокое (угол внутреннего трения достигает 20—35°).

Уровень первого от поверхности водоносного горизонта залегает на глубинах от 0,2 до 15 м. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, по отношению к бетону в открытом водоеме имеют значительную обще-

кислотную и выщелачивающую агрессивность, в грунте — неагрессивны.

Благодаря широкому развитию устойчивых флювиогляциальных песчаных отложений район в целом характеризуется благоприятными инженерно-геологическими условиями.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса аллювиальных отложений пойменных и надпойменных террас рек (alQ_IvalQ_{III})

Район охватывает участки развития аллювиальных отложений рек Днепра, Сожа, Березины, Птичи и их притоков.

Аллювиальные отложения пойменной, первой и второй надпойменных террас повсеместно объединяются в инженерно-геологическую группу песчаных пород, представленную различными по крупности песками, с прослойками и линзами гумусированных и глинистых, а в толще пойменного аллювия заторфованных. Уровень грунтовых вод в пределах пойм находится на глубине 0,5—4,5 м. Подземные воды, заключенные в древних аллювиальных отложениях, залегают на глубине от 2 до 6 м.

Воды аллювиальных образований гидрокарбонатно-кальциевые, слабominерализованные, в основном неагрессивные.

Допускаемое давление на аллювиальные пески не превышает 1,5 кг/см² (на поймах) и 2,5 кг/см² (на надпойменных террасах).

Область равнинного рельефа в пределах распространения отложений днепровского оледенения (Полесская низина)

Южная часть территории Белоруссии представляет собой обширную низменность, сложенную водноледниковыми, древними озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями. Водноледниковые и озерно-аллювиальные низменные равнины сливаются со вторыми надпойменными террасами рек бассейна Припяти и Днепра.

Характерной особенностью этой области является плоский, равнинный рельеф, понижающийся в сторону рек Припяти и Днепра. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 140—150 в северной части до 100—120 м на юго-востоке. На равнинной поверхности часто наблюдаются эоловые всхолмления высотой до 5, реже 10 м.

Плоская выровненная поверхность этой области имеет слабый поверхностный сток, что благоприятствует образованию болот и заболоченных земель. Болотные массивы занимают обширные пространства, составляющие в целом 30—60% территории Полесской низины.

Равнинный характер области сменяется во многих местах повышенными участками, сложенными сохранившимися от размыва отложениями ледниковой аккумуляции — моренными и конечноморенными образованиями. Наиболее высокая среди них Мозырская возвышенность достигает 206 м абс. высоты.

Долины рек Днепра, Припяти и их многочисленных притоков занимают обширные пространства Полесской низины, особенно ее восточной части. В долинах этих рек прослеживается в основном три террасовых уровня: пойменный, первой и второй надпойменных. Их ширина и степень выраженности в рельефе разнообразны.

Пойменная терраса р. Днепра в пределах Полесья простирается полосой, ширина которой превышает 5 км, высота террасы над меженим уровнем воды составляет около 3—4 м. Поверхность ее неровная, изрезана староречьями и сильно заболочена. Ширина первой надпой-

менной террасы достигает 10 км и более, реже 15—17 км, высота террасы над меженным уровнем равна 4—6 м. В этой части долины р. Днепра вторая надпойменная терраса имеет ширину от 2 до 5—7 км, высота террасы составляет 14—15 м. В пределах Полесья ширина русла р. Днепра равна 0,5—0,6 км, глубина реки — в среднем 1,5—2 м, реже 3 м.

Долина р. Припяти — правого притока Днепра — отличается своим относительно плоским характером рельефа, расплывчатыми очертаниями широких террас, которые занимают в центральной части Полесской низменности от 10 до 75 км. Русло реки имеет ширину от 20—50 (в районе г. Пинска) до 150—200 м (в низовье реки). Глубина реки колеблется от 0,5 до 3,5 м, а в отдельных переуглублениях до 5—8 м. Река Припять, особенно в верховьях, характеризуется весьма малыми уклонами.

В долине р. Припяти и ее крупнейших притоков прослеживаются пойменная и первая надпойменная аккумулятивные, а также вторая надпойменная эрозионно-аккумулятивная террасы. Широкие плоские расплывчатые террасы образуют в рельефе Полесья обширные, часто заболоченные низины. Высота поймы постепенно нарастает вниз по долине от 0,2 до 4 м, первой надпойменной террасы от 1—3 до 4—6 м и второй надпойменной террасы не превышает 9—14 м над меженным уровнем воды в реке.

Пойменная терраса изменяется по ширине от 1—6 км в верховье до 10—30 км в среднем и нижнем течениях. Ширина первой надпойменной террасы колеблется от 1—2 до 12—50 км, а второй в средней части долины достигает 50 км, в нижней — менее 10 км.

Полесская низина характеризуется небольшими мощностями четвертичных отложений, равными 20—80 м, за исключением района Мозырской гряды, где мощность возрастает до 100 м и более. В толще четвертичных отложений прослеживаются в основном два горизонта морены, разделенных мощными толщами водно-ледниковых образований. Они залегают на размытой поверхности неогеновых и палеогеновых отложений. На отдельных участках четвертичные отложения подстилаются мергельно-меловыми породами верхнего мела. В основании четвертичной толщи залегают нижнечетвертичные водноледниковые образования, представленные средне- и крупнозернистыми песками с линзами супесей и суглинков. Мощность их колеблется от 1 до 5 м.

Березинская морена сильно размыта и имеет островное распространение. Представлена она грубыми супесями, суглинками и глинами, плотными, с прослоями и линзами разнотерного песка, с гравием и галькой. Мощность толщи моренных образований составляет 5—10 м. Залегают они на глубинах от 30 до 60 м.

Глубина залегания кровли березинско-днепровских межморенных отложений, повсеместно распространенных в пределах Полесья, изменяется от 1 до 40 м. Это разнотерные пески, преимущественно мелко- и среднетерные, мощность которых превышает 10—30 м. В толще межморенных образований встречаются межледниковые озерно-аллювиальные мелкозернистые пески, тонкие супеси, суглинки, глины с прослоями торфа и гумусированных песков, с древесными остатками. Мощность межледниковых озерно-аллювиальных отложений не превышает 10 м. Вскрываются они на глубинах от 5 до 20 м.

Отложения днепровской морены прослежены только в западной и северо-восточной частях области на глубине до 10 м. Они перекрываются водноледниковыми преимущественно мелкозернистыми песками, имеющими более широкое распространение в пределах Полесской низины.

Из физико-геологических явлений на территории Полесской низины развиты болотообразовательные процессы и развевание песчаных отложений.

В пределах рассматриваемой области по условиям распространения генетических комплексов пород выделяются четыре инженерно-геологических района, в которых широко распространена подформация днепровского оледенения.

Район преимущественного развития супесчаных и суглинистых пород с включением обломочных геолого-генетического комплекса основной морены времени днепровского оледенения ($glQ_{II}dn$)

Моренные отложения днепровского оледенения имеют ограниченное распространение в пределах области. Они развиты лишь в северо-восточной и западной частях Полесской низины. По составу слагающих его пород выделяются две инженерно-геологические группы: а) связных пород с включением обломочных (грубые, плотные валунные супеси и суглинки с гравием и галькой) и б) связных пород с песчаными (валунные супеси и суглинки с прослоями и линзами разнотернистых песков). Мощность данного комплекса колеблется от 5 до 20 м.

Образования основной морены — это сильноуплотненные породы, находящиеся в твердом и полутвердом состоянии. В их составе преобладают песчаные фракции; пылеватых частиц содержится 4—20%, глинистых 10—15%. Пластичность их невысокая, пластичность колеблется от 5 до 13%. Пористость моренных супесей и суглинков составляет 26—33%. Водопроницаемость пород низкая, коэффициент фильтрации колеблется от 0,3 до 0,003 м/сутки. Моренные супеси и суглинки характеризуются низким сопротивлением сжатию и сдвигу. Угол внутреннего трения равен 18—27°, а величина сцепления — 0,3—0,6 кГ/см². Коэффициент компрессии изменяется от 0,003 до 0,015 см²/кГ. Допускаемое давление на эти породы достигает 3 кГ/см².

Грунтовые воды в пределах участков распространения моренных отложений в основном гидрокарбонатно-натриевые, слабоминерализованные, неагрессивные, залегают на глубине от 0,5 до 10 м, в отдельных случаях обладают слабыми местными напорами.

Залегающие первыми от поверхности моренные супеси и суглинки с линзами и прослоями водноледниковых песчаных отложений не вызывают опасений с точки зрения устойчивости их в основании различных сооружений, за исключением заболоченных участков.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса водноледниковых образований времени отступления днепровского оледенения ($fgl_sQ_{II}dn$)

Водноледниковый комплекс времени отступления днепровского оледенения широко распространен на рассматриваемой территории. Представлен он мелко- и среднетернистыми песками с включением гравия, гальки, объединенными в инженерно-геологическую группу песчаных пород. Мощность песков изменяется от нескольких десятков сантиметров до 15—20 м. Пески кварцевые с примесью 4—10% полевых шпатов и до 1,5% темноцветных минералов. В их толще встречаются маломощные (до 2 м) прослои супесей и суглинков.

В рассматриваемых песчаных породах, по данным гранулометрических анализов, содержится 60—90% песчаных и от 6 до 25% пылеватых фракций. Пески характеризуются относительно рыхлым сложением.

нием, их пористость в уплотненном состоянии равна 31—49%, в рыхлом — 41—59%. Угол естественного откоса измеряется 37—45° в сухом состоянии и 28—43° — под водой.

Коэффициент фильтрации изменяется в среднем от 1,5 до 15 м/сутки. Песчаные породы слабосжимаемые и имеют относительно высокие показатели сопротивления сдвигу (коэффициент сдвига равен 0,46—0,66). Допускаемое давление на эти породы достигает 2,5 кГ/см².

Уровень грунтовых вод залегает на глубинах 0—2 м. Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, слабоминерализованные, в основном неагрессивные, хотя на отдельных участках (западная часть района, вблизи г. пос. Микашевичи) характеризуются выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. В районе развиты болотообразовательные процессы, а также развевание песчаных отложений.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса озерно-аллювиальных отложений древне- и среднечетвертичного межледниковья (IalQ_{III-IV})

Район охватывает значительную часть территории Полесской низменности.

Породы геолого-генетического комплекса древних озерно-аллювиальных образований по литологическому составу объединяются в инженерно-геологическую группу песчаных пород, представленных преимущественно мелкозернистыми песками, часто заиленными. В песчаной толще встречаются линзы супесей и суглинков, заиленных, с растительными остатками и прослоями торфа. Мощность этих отложений колеблется от 0,5 до 10 м и более. Прослой торфа имеют мощность 1—1,5 м, а местами достигают 2—4 м. Торф характеризуется высокой естественной влажностью (400—600%), слабой водопроницаемостью и большими амплитудами осадки при сжатии. В зависимости от степени разложения торфа коэффициент фильтрации колеблется от 0,06 до 0,26 м/сутки, угол внутреннего трения изменяется от 21 до 40°. Несущая способность торфов не превышает 0,5—0,8 кГ/см², за исключением особых соотношений сторон опорной поверхности сооружений (Винокуров [и др.], 1962).

Озерно-аллювиальные пески характеризуются пористостью от 40 до 65% в рыхлом состоянии и 28—58% — в уплотненном. Водопроницаемость песков варьирует в больших пределах в зависимости от состава пород, коэффициент фильтрации изменяется от 0,5 до 25 м/сутки. По степени сжимаемости эти пески относятся к слабо- и среднесжимаемым (коэффициент компрессии колеблется от 0,006 до 0,012 см²/кГ). Сопротивление сдвигающим усилиям довольно высокое, коэффициент сдвига равен 0,40—0,63. Допускаемое давление на рассматриваемые породы составляет ориентировочно 2,5 кГ/см².

Озерно-аллювиальные супеси и суглинки имеют относительно высокую естественную влажность (до 16—21% при залегании преимущественно в зоне аэрации). Пористость этих пород колеблется от 33 до 40%. Пластичность их непостоянна и зависит от условий залегания и наличия гидрофильных коллоидных составляющих. Число пластичности колеблется от 5—6 (в супесчаных породах до 25—30% в суглинках и глинах).

По степени сжимаемости эти породы характеризуются как среднесжимаемые. Допускаемая нагрузка на них составляет 2—2,5 кГ/см². Разности пород, насыщенных органическими примесями, отличаются высокой гидратированностью, находятся в пластичном состоянии и

имеют более слабое сопротивление сжимающим и сдвигающим усилиям.

Уровень первого от поверхности водоносного горизонта находится на глубине от нуля до 4 м. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, слабо-минерализованные, на отдельных участках обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью. В пределах территории распространения озерно-аллювиальных отложений сильно развиты болотообразовательные процессы, а также развевание слабозакрепленных песчаных отложений.

Глубина промерзания верхних горизонтов может колебаться от 40 до 50 см под снеговым покровом и от 60 до 70 см при его отсутствии.

В инженерно-геологическом отношении рассматриваемая территория вызывает ряд затруднений в связи с сильной обводненностью, наличием плавунцов и слабозаторфованных, заиленных разностей пород. Глубокие подземные выработки потребуют искусственного водоотлива и крепления.

Район преимущественного развития песчаных пород геолого-генетического комплекса аллювиальных отложений пойменных и надпойменных террас рек (alQ_{IV}, alQ_{III})

Аллювиальные отложения имеют широкое развитие в центральной части Полесской низины — в долинах рек Припяти, Днестра и их притоков.

Аллювиальные свиты пойменной, первой и второй надпойменных террас этих рек представлены всеми основными фациями пойменного, руслового и старичного аллювия. Они характеризуются большой пестротой и разнообразием литологического состава. Но соотношение различных фациальных типов в аллювиальных толщах закономерно и обусловлено характером накопления, переноса и отложения материалов речным потоком.

В геолого-генетическом комплексе аллювиальных отложений по литологическому составу выделяются следующие инженерно-геологические группы: а) песчаных пород (мелко- и среднезернистые пески); б) песчаных пород со связными (пески глинистые, заиленные, пески с прослоями и линзами супесей и суглинков, среди которых имеются разности гумусированные, заиленные, с органическими примесями и заторфованные).

Наиболее распространенные в этом районе современные и древние аллювиальные отложения р. Припяти наряду с большим сходством, имеют и отличительные особенности по своему строению и инженерно-геологическим свойствам (Парфенова, 1962).

В вертикальном разрезе аллювия наблюдается закономерная смена пород. В верхней части — в пойменном аллювии залегают пески мелкозернистые (с большим содержанием тонкопесчаной фракции), чередующиеся с прослоями супесей и суглинков, нередко гумусированных. В средней части аллювиальных толщ преобладают пески мелкозернистые, сменяющиеся в русловом аллювии преимущественно среднезернистыми песками с редкими линзами крупнозернистых. Наблюдаются также линзы старичных глинистых и песчаных пород. В целом рассматриваемый геолого-генетический комплекс характеризуется преобладанием песчаных пород. Мощность пойменного аллювия плавно нарастает от 3—9 м в верховье до 14—16 м в нижнем течении.

Первая надпойменная терраса имеет небольшие мощности (от 8—10 до 16—18 м) аллювия. В пределах второй (эрозионно-аккумулятивной) надпойменной террасы аллювиальные отложения не выдер-

жаны по мощности, которая изменяется от 0 до 10 м, в основном не превышает 2—6 м. В верховье эта терраса эрозионного типа и прослеживается не повсеместно, наиболее развита она в средней части долины.

В составе аллювиальных песков преобладает кварц (70—94%), полевых шпатов содержится 11—28%. В тяжелой фракции (0,5—1%) преобладают гранаты, рудные, амфиболы, эпидот, циркон, турмалин и другие минералы. Коллоидная фракция песчаного аллювия в основном представлена гидрослюдами; в значительном количестве содержатся органические примеси (по методу прокаливания — 0,07—2,3%).

В супесях и суглинках (пойменного и старичного аллювия) основное влияние на их свойства оказывают глинистые частицы. В составе последних преобладают гидрослюды с небольшим количеством монтмориллонита, реже каолинита (по данным электронной микроскопии). Потери при прокаливании в аллювии поймы составляют 1,3—27,8%, в глинистых породах надпойменных террас 0,6—11%, что указывает на относительно высокое содержание органических веществ в этих породах. В верховье и средней части долины среди глинистых пород прослеживаются разности с повышенной карбонатностью, содержание в которых CaO (по данным солянокислых вытяжек) составляет 0,01—12,3%, а CaCO₃ (по валовому химическому составу) достигает 9,3—26,7%.

В поглощенном комплексе суглинков преобладают катионы Ca²⁺ и Mg²⁺ (5,8—14,4 мг·экв) и в меньшей степени Na⁺ (1,2 мг·экв). Водные вытяжки из этих пород указывают на гидрокарбонатно-кальциевый тип порового раствора и низкую степень минерализации (сухой остаток 0,004—0,117%).

Физико-механические свойства аллювиальных пород зависят от минерального и гранулометрического состава, естественного состояния и условий залегания. Гранулометрический состав и свойства пойменных, русловых и старичных пород пойменной террасы в общем близки к составу и свойствам соответствующих фаций аллювия первой надпойменной террасы.

Мелкозернистые пески, залегающие в прослоях между супесями и суглинками, имеют довольно рыхлое сложение в современном аллювии, особенно гумусированные разности (n достигает 43%) и более уплотнены в древнем ($n=30—42\%$), на что указывает и их различие в действительных объемных весах. Водопроницаемость их одинаково невысокая, коэффициент фильтрации колеблется от 1,1 до 6,5 м/сутки. Эти пески характеризуются близкими значениями показателей сопротивления сдвигу ($\varphi_{\text{ср}}=30—31^\circ$).

Залегающие ниже мелкозернистые пески, образующие в вертикальном разрезе аллювиальных толщ как бы среднюю зону (фации прирусловых валов пойменного и прирусловых отмелей руслового аллювия), являются более отмытыми, отсортированными и уплотненными, особенно в древнем аллювии. Пористость этих пород (близкая к естественной) в современном аллювии в среднем равна 35%, в древнем — 32%. Водопроницаемость пород невысокая, коэффициент фильтрации изменяется от 0,5 до 6,3 м/сутки. Сопротивление сдвигающим усилиям песков средней зоны поймы ниже ($\varphi_{\text{ср}}=29^\circ$), чем первой надпойменной террасы ($\varphi_{\text{ср}}=36^\circ$). Эти пески характеризуются как слабосжимаемые ($a=0,009—0,001 \text{ см}^2/\text{кг}$, среднесжимаемыми они являются при $p=0,5 \text{ кг/см}^2$).

Необходимо отметить большую зависимость механических свойств мелкозернистых песков от их плотности сложения. При пористости пород 46—49% угол внутреннего трения равен 23—28°. Снижение пористости до 30—35% соответственно вызывает увеличение φ до 34—39°.

Русловые преимущественно среднезернистые пески, залегающие в нижней части аллювиальных толщ, отличаются также по составу и свойствам от рассмотренных песчаных пород. Они более уплотнены ($n_{\text{ср}}=33\text{--}34\%$), характеризуются высокими углами естественного откоса (35° — на воздухе и $31\text{--}33^\circ$ — под водой). Коэффициент фильтрации их высокий, в современном аллювии он изменяется от 2 до 8 м/сутки, в древнем 4,7—22 м/сутки.

Несколько большее сопротивление сдвигу оказывают русловые пески первой надпойменной террасы ($\varphi_{\text{ср}}=37^\circ$). Основное влияние в этом случае имеет плотность сложения. При пористости 31—32% среднезернистых песков угол внутреннего трения (φ) равен 35—38°, более рыхлое состояние тех же песков ($n=39\text{--}43\%$) вызывает снижение сопротивления сдвигу ($\varphi=22\text{--}31^\circ$).

По коэффициенту компрессии (при $p=2\text{--}3$ кГ/см²) эти пески классифицируются как слабо и очень слабо сжимаемые (0,0002—0,006 см²/кГ).

Старичные пески являются мелкозернистыми с большим, иногда преобладающим содержанием тонких частиц. Плотность сложения зависит от степени заиления (n достигает 37—40%). Водопроницаемость их ниже, чем русловых песков ($K=0,6\text{--}6,8$ м/сутки). Соответственно снижается сопротивление сжатию и сдвигу. Угол внутреннего трения современных старичных песков в среднем равен 30° , древних — 32° .

В толще аллювия второй надпойменной террасы преобладают мелкозернистые пески, более отсортированные в русловом аллювии, но с содержанием пылеватых и глинистых частиц в пойменном аллювии. Основные показатели их физико-механических свойств близки к мелкозернистым пескам средней зоны в аллювии первой надпойменной террасы.

Глинистые породы современного и древнего аллювия, в отличие от песчаных, более изменчивы по своим свойствам, имеют неравномерную несущую способность.

В верхней части разреза поймы глинистые породы встречаются в виде тонких горизонтальных прослоев супеси или суглинка среди мелкозернистых песков (фация окраинных зон), которые перекрываются супесями или суглинками (фация внутренних зон центральной поймы) подверженными воздействию почвообразовательных процессов (мощностью до 1—2,5 м). Мощность прослоев глинистых пород колеблется от нескольких сантиметров до 1—1,1 м и закономерно увеличивается вниз по долине. Иногда среди них встречаются прослои торфа. Эти отложения залегают в основном выше уровня грунтовых вод (в зоне аэрации), за исключением участков заболачивания и высокого стояния уровня грунтовых вод.

Пойменные глинистые породы по гранулометрическому составу характеризуются сильным насыщением песчаными фракциями (свыше 50, а иногда и 70%). Их физические свойства зависят от содержания органических примесей. С увеличением их содержания возрастает пористость, естественная влажность, пластичность, что связано с сильной гидрофильностью коллоидных составляющих. Залегание пород в зоне аэрации определяет колебания их естественной влажности (6—32%, реже 55%), пористости (34—47, иногда 59%), объемного веса (1,65—2,12, в среднем 1,83 г/см³).

В пределах допускаемых нагрузок от веса сооружения, равных примерно 1—2 кГ/см², рассматриваемые породы можно считать средне-сжимаемыми, а сильногумусированные разности — сильносжимаемыми (по коэффициенту компрессии). По тонким гумусированным прослоям

сопротивление сдвигающим усилиям снижается. Вертикальное давление до $2\text{--}3 \text{ кг/см}^2$ значительно уплотняет породы, а сильная насыщенность песчаными частицами способствует принятию основной нагрузки на песчаный каркас. Поэтому сопротивление сдвигающим усилиям повышается. Наблюдается большое колебание показателей сопротивления сдвигу, так, например, φ изменяется от 13 до 31° , для супесей зоны аэрации с низкой естественной влажностью φ может быть и выше.

Среди старичных пород развиты супеси, суглинки, заиленные, иногда заторфованные. Общая мощность их колеблется от $0,1$ до 3 м .

Физико-механические свойства супесей и суглинков старичного аллювия разнообразны и по степени пластичности изменяются от мягкопластичных до текучих. Частое присутствие органических примесей (от следов до $3\text{--}5\%$, реже $12\text{--}27\%$), заиление, слабая уплотненность этих осадков ухудшают их инженерно-геологические свойства. Высокогидрофильные органические вещества и наличие гидрослюд с примесью бейделлита в глинистой фракции повышают их гидратацию, что влияет на целый ряд физических свойств. Такие породы имеют пористость от 38 до 80% , их коэффициент пористости часто выше единицы, естественная влажность может достигать $80\text{--}100\%$ и более. Старичные породы оглеенные и с низким содержанием органических примесей имеют меньшие значения пористости (до 55%), естественной влажности (до 40%).

На механические свойства этих пород основное влияние оказывает естественное состояние, зависящее от условий залегания. Породы, залегающие в зоне аэрации тугопластичной консистенции, имеют угол внутреннего трения до 28° (супеси до 38°) и являются слабосжимаемыми. Повышение пластичности снижает сопротивление сдвигу ($\varphi = 13\text{--}24^\circ$). Пластическое течение глинистых пород, в случае отсутствия боковых давлений (одноосное сжатие), начинается при вертикальной нагрузке $1,25\text{--}1,50 \text{ кг/см}^2$. Наиболее заиленные разности сильносжимаемы при $p = 2,3 \text{ кг/см}^2$ и среднесжимаемы при большей нагрузке.

В пойменном аллювии первой надпойменной террасы супеси и суглинки залегают в виде редких маломощных ($0,1\text{--}0,8 \text{ м}$, местами до 3 м) прослоев и линз. Их мощность и площадь распространения увеличиваются к низовью долины. Физические свойства супесей и суглинков современного аллювия, разнообразны. Естественная влажность изменяется от 13 до 38% в зависимости от состава и условий залегания. Естественная пористость колеблется от 27 до 38% , в карбонатных разностях достигает 50% . Максимальная молекулярная влагоемкость изменяется от 10 до 15% . Размокаемость пород слабая, но в дистиллированной воде они размокают быстрее, а карбонатные суглинки размокают мгновенно.

Супеси и суглинки пойменного аллювия оказывают высокое сопротивление сдвигу. Коэффициент внутреннего трения изменяется от $0,408$ до $0,683$, φ — от 27 до 34° , в гумусированных образцах снижается до 21° . По данным трехосного сжатия φ — оглеенных разностей этих пород равен 34° , величина сцепления — $0,25 \text{ кг/см}^2$.

Пойменные суглинки относятся к среднесжимаемым ($a = 0,01\text{--}0,032 \text{ см}^2/\text{кг}$ при $p = 2\text{--}3 \text{ кг/см}^2$), модуль деформации (E) изменяется от 38 до 120 кг/см^2 , модуль осадка (e) — от 8 до 25 мм/м . Супеси характеризуются как слабосжимаемые.

Старичные породы слабо уплотнены, находятся в пластичном состоянии. Естественная пористость изменяется от 34 до 49% . Число пластичности суглинков изменяется от 8 до 20% , супесей — от 4 до 6% . Естественная влажность колеблется от 17 до 36% .

При естественном сложении и влажности угол внутреннего трения старичных суглинков варьирует от 16 до 26°.

Для супесчаных разностей φ равно 33—34°, $\operatorname{tg} \varphi$ достигает 0,680. Одноосное сжатие отдельных образцов показало, что пластичное течение древних старичных пород начинается при нагрузке 1,25—1,50 $\kappa\Gamma/\text{см}^2$.

Старичные суглинки пластичного состояния обычно среднесжимаемые ($a=0,02\text{—}0,06 \text{ см}^2/\kappa\Gamma$, $e=91\text{—}148 \text{ мм/м}$). Супеси являются среднесжимаемыми при малых нагрузках (0,5—1 $\kappa\Gamma/\text{см}^2$) и слабосжимаемыми при увеличении нагрузки до 5—6 $\kappa\Gamma/\text{см}^2$.

По сравнению с современным аллювием старичные породы первой надпойменной террасы, особенно глубоких горизонтов, встречающиеся в переуглублениях долины, более уплотнены и дегидратированы, что связано с проявлением процессов раннего диагенеза.

Глинистые пойменные породы второй надпойменной террасы представлены преимущественно супесями.

Старичные отложения изменяются от легких супесей до глин. Их физико-механические свойства колеблются в широких пределах, но в общем близки к соответствующим разностям первой надпойменной террасы. Наибольшие значения естественной влажности (30%) и пористости (44%) относятся к глинистым разностям. Высокой пластичностью характеризуются глины и тяжелые суглинки. Последние имеют относительно слабое сопротивление сжатию ($e=31 \text{ мм/м}$; $a=0,022\text{—}0,045 \text{ см}^2/\kappa\Gamma$) и сдвигу ($\varphi=17\text{—}21^\circ$). Более высокие показатели механических свойств характерны для пород тугопластичного и полутвердого состояния ($\varphi=25\text{—}32^\circ$).

Для глинистых аллювиальных пород в целом важно учитывать их различный характер сжатия в зависимости от состава.

Супеси и суглинки (в том числе и с наличием органических примесей) заиленные, но насыщенные песчаными частицами (свыше 70%), почти максимального уплотнения достигают при $p=2\text{—}4 \text{ кг/см}^2$. Породы с меньшим содержанием песчаных фракций (<30%), реже встречающиеся в аллювии, отличаются незатухающей плавной осадкой (до $p=6\text{—}8 \text{ кг/см}^2$) и длительными процессами консолидации.

На рассматриваемой территории возможно возникновение и развитие некоторых процессов, могущих оказать влияние при строительстве различных сооружений.

Водонасыщенные аллювиальные пески, залегающие ниже уровня грунтовых вод, имеют признаки проявления плывуности. Это обусловлено не только химико-минералогическим, гранулометрическим свойством пород, наличием активных органических коллоидных составляющих, но и подпором грунтовых вод со стороны склонов долины вследствие слабого подземного и поверхностного стока. Такие условия способствуют большей подвижности песчаных частиц, находящихся как бы во взвешенном состоянии. Водопроницаемость плавунных песков слабая (K до 1—2 м/сутки), максимальная молекулярная влагоемкость выше 7%.

В откосах котлованов и канав в связи с медленным оплыванием их стенок, растеканием песчаных пород и некоторых разностей супесей и суглинков скрытотекучего состояния возможны деформации. Искусственное водопонижение в старичных песках затруднено вследствие слабой водоотдачи.

Необходимо учесть, что разрыхление гумусированных разностей глинистых пород в откосах котлованов и канав усилит их размокаемость.

Глинистые породы с повышенной карбонатностью способны быстро размокать. Сильнозаиленные глинистые породы могут дать усадку при высыхании.

Краткая характеристика инженерно-геологических свойств аллювиальных отложений указывает на их разнообразие в связи с изменением состава и условий среды.

Сильная заболоченность верховья долины, широкое развитие старичных пород ухудшают инженерно-геологические условия этой территории.

Песчаные аллювиальные отложения, за исключением плывунов, являются наиболее устойчивыми и надежными в основании сооружений.

Залегание глинистых пород в основании сооружений опасно тем, что они будут способствовать неравномерности осадков.

В долине р. Днепра аллювий представлен тремя свитами: пойменной и двух надпойменных террас. В них четко выделяются основные фации пойменного, руслового и старичного аллювия.

Аллювиальная толща пойменной террасы имеет мощность, преимущественно не превышающую 12 м, на некоторых участках ниже по течению достигает 20—25 м. В пойменном аллювии преобладают мелкозернистые пески довольно рыхлые ($n=39-57\%$ в рыхлом и $31-46\%$ в уплотненном состоянии). Но часто развиты среди них супесчаные и суглинистые прослои, иногда гумусированные. Русловой аллювий так же, как и в долине р. Припяти, в верхней части состоит из мелкозернистых диагональнослоистых песков. В нижней части (в русловом аллювии) развиты преимущественно среднезернистые пески с редкими линзами крупнозернистых, гравелистых песков. Старичные глинистые породы, особенно заиленные, насыщенные органическими примесями, сильногидратированные, находятся обычно в пластичном, пластично-текучем и реже скрытотекучем состоянии.

Мощность аллювиальных отложений первой надпойменной террасы колеблется в основном от 10 до 20 м. Пойменный аллювий (3—5 м мощностью) состоит из мелкозернистых, пылеватых песков с многочисленными линзами и прослоями супесей и суглинков, иногда лёссового типа. Русловой аллювий (10—12 м) представлен песками мелко-, средне- и крупнозернистыми. Пористость песков в рыхлом состоянии изменяется от 40 до 50%, в уплотненном от 30 до 45%. Коэффициент фильтрации песков колеблется в широких пределах в зависимости от состава водовмещающих пород (от 0,2 до 40—50 м/сутки).

Аллювий второй надпойменной террасы имеет меньшую мощность, изменяющуюся от 5—7 до 10—12 м. Это в основном пески мелко- и среднезернистые, в верхней части аллювиальной толщи с прослоями и линзами глинистых пород. Песчаные отложения характеризуются довольно рыхлым сложением (пористость варьирует от 40 до 54% в рыхлом состоянии). Коэффициент фильтрации (по единичным данным) составляет 1,3—2 м/сутки. Угол естественного откоса в сухом состоянии в среднем не превышает 32° , под водой — 28° .

Краткое рассмотрение основного разреза аллювиальных толщ, слагающих долину р. Днепра, указывает на общее сходство их литологического состава, строения и общего соотношения основных фациальных групп с аллювием долины р. Припяти. Поэтому можно полагать и близость инженерно-геологических свойств аллювиального геолого-генетического комплекса пород в пределах бассейнов этих рек.

Грунтовые воды аллювиальных отложений всюду залегают неглубоко от поверхности земли. Уровень грунтовых вод находится на глубине от нуля до 2 м, реже 3—5 м. Его положение тесно связано

с микрорельефом террас и с изменением их высоты вдоль долин. Уклон поверхности грунтовых вод аллювиальных отложений незначителен (0,001—0,00024). В центральной части Полесья он направлен в сторону русла реки, а общее направление движения грунтовых вод совпадает с направлением течения р. Припяти.

Грунтовые воды аллювия повсеместно гидравлически связаны с подземными водами подстилающих четвертичных и дочетвертичных отложений, для которых долины этих рек служат зоной разгрузки.

По химическому составу воды аллювия относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу с общей минерализацией 0,4—0,6 г/л. На отдельных участках долины р. Припяти (между Житковичами и Мозырем) отмечаются грунтовые воды хлоридно-натриевого типа с общей минерализацией от 1 до 12 г/л и более, вследствие подтока минерализованных вод палеозойских отложений (Козлов, 1960).

Общая жесткость в среднем составляет 1—3 мг·экв. Концентрация водородных ионов (рН) колеблется от 5,5 до 7,6, чаще равна 6—7. На некоторых, главным образом заболоченных, участках отмечается наличие слабой общекислотной и углекислой агрессивности.

На поверхности пойм и надпойменных террас в долинах рек Припяти и Днепра интенсивно протекают болотообразовательные процессы. Питание болот происходит за счет вод рек в период паводков, подтока подземных вод и атмосферных осадков.

Песчаные накопления бывших прирусловых валов этих террас подвержены перевеванию. По берегам рек нередко наблюдаются обрушения, иногда оползни.

На территории этого района глубина промерзания в среднем может достигать 35—45 см (при наличии снегового покрова), 70 см в западной и 90 см в восточной частях района (при отсутствии снегового покрова).

Оценивая инженерно-геологические условия долин этих рек, следует отметить такие неблагоприятные факторы, как сильная обводненность аллювиальных толщ, заболоченность, плывучесть песков, наличие прослоев и линз высокопластичных глинистых пород, иногда заиленных и заторфованных.

Однако значительные пространства надпойменных террас, сложенных устойчивыми песчаными породами, с глубиной залегания грунтовых вод более 2—3 м, вполне пригодны для возведения различных сооружений.

Район преимущественного развития торфяно-илистых пород геолого-генетического комплекса озерно-болотных отложений ($I_{1h}Q_{III-IV}$)

Район расположен в Полесской низменности. Озерно-болотные образования района объединяются в следующие инженерно-геологические группы: а) торф (торф, часто песчанистый, с прослойками ила); б) песчаные породы (мелкозернистые пески, заиленные и заторфованные); в) песчаные породы со связными (мелкозернистые пески, тонкие заиленные супеси, суглинки и глины).

Мощность слоя торфа небольшая в основном не превышает 2—3 м. Заиленные и заторфованные пески, супеси и суглинки также маломощные (до 1,0 м), чаще всего залегают в основании торфяных толщ.

Торф травянистый, мховый, часто с примесью древесины, разной степени разложения, преимущественно хорошо разложившийся, вязкий, сильнозаиленный. Коэффициент фильтрации торфов колеблется от 0,02 до 6 м/сутки. Это сильновлагоемкие, слабоводопроницаемые породы,

сильносжимаемые, обладающие слабой несущей способностью. Модуль компрессии торфов может достигать 350—400 мм/м.

Обогащенные органическими веществами озерные пески, супеси и суглинки также малоустойчивые, расчетные сопротивления их равны не более 1 кГ/см².

Грунтовые воды, приуроченные к комплексу, относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу, слабоминерализованные, сильно загрязнены органическими примесями и непригодны для питья. Глубина залегания их менее 1 м. Кое-где воды озерно-болотных отложений обладают выщелачивающей и общекислотной агрессивностью.

Район развития песчаных пород геолого-генетического комплекса эоловых образований (eolQ_{III-IV})

Одной из характерных особенностей Полесской низменности является широкое развитие собранных в холмы, гряды и отдельные массивы кучевых эоловых песков. Это мелко-, реже среднезернистые пески, кварцевые, с примесью до 10% полевых шпатов, хорошо окатанные, в большинстве сортированные, сыпучие или слегка уплотненные, они объединены в инженерно-геологическую группу песчаных пород. Мощность эоловых песков варьирует в пределах от 1 до 30 м.

Расчетные сопротивления этих песков равны 2 кГ/см². На многих участках Полесской низины эоловые пески продолжают развеваться.

Инженерно-геологические условия Полесской низменности характеризуются большим разнообразием в отношении пригодности отдельных участков для различных видов строительства. Наиболее благоприятные условия отмечаются на участках, сложенных с поверхности прочными валунными супесями и суглинками, а также некоторыми разностями водноледниковых и озерно-аллювиальных песков с глубиной залегания грунтовых вод более 2—3 м. Обширные заболоченные и заторфованные территории являются непригодными для различных видов строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение большого фактического материала на территории Белоруссии показывает, что центральную ее часть занимает кристаллический массив (глубина залегания изверженных пород от поверхности земли в пределах 60—300 м). К востоку от него прослеживаются склоны Московского артезианского бассейна, к югу Припятская впадина, к западу Брестская впадина (Белорусско-Польская) и к северо-западу Литовско-Польская. В пределах склонов кристаллического массива изверженные породы залегают на глубинах свыше 500 м, а в депрессиях — более 1500—3500 м. Соотношение указанных выше структур с кристаллическим массивом и друг с другом в ряде случаев недостаточно ясно и требует дальнейших уточнений по мере накопления нового фактического материала.

Белорусский кристаллический массив, занимая более высокое положение по отношению к указанным выше депрессиям, играет основную роль в питании, динамике, гидрохимии, геотермике и зональности подземных вод в пределах не только площади своего расположения, но и прилегающих к нему структурах. В связи с этим в центральной (наиболее высокой) части его залегания во всей толще рыхлых отложений и верхней зоне кристаллических пород распространены пресные воды гидрокарбонатно-кальциевого типа на глубину 300—400 м и более с минерализацией в пределах до 300 мг/л. На склонах массива мощность зоны пресных вод уменьшается до 250 м при наличии в разрезе рыхлых пород минерализованных подземных вод сульфатного и хлоридно-кальциевого типа с общей их минерализацией от 4 до 12 г/л (Минск, Борисов, Бобруйск, Рогачев и др.). В глубоких депрессиях мощность зоны пресных вод, с минерализацией до 400 мг/л, не превышает 250—150 м, за исключением отдельных районов (Могилев). Зона сульфатных и сульфатно-хлоридных вод с минерализацией до 20 г/л имеет мощность до 600—800 м. Ниже глубины 1000 м в разрезе рыхлых толщ наблюдаются подземные воды хлоридного типа с минерализацией от 30 до 350 г/л и более.

Выявленные закономерности имеют большое научное и практическое значение с точки зрения поисков подземных вод для целей водоснабжения, промышленного и курортного использования. Они позволяют также решать вопросы сельскохозяйственного освоения заболоченных территорий, планирования строительства и более рационального использования производительных сил на территории БССР.

В республике по планам перспективного развития ее хозяйства в ближайшие 15—20 лет предусматривается значительное расширение предприятий тяжелой и химической промышленности союзного и республиканского значения, дальнейшие работы по осушению заболоченных массивов, развитию сельского хозяйства, расширению существующих и строительству новых водных путей по Припяти, Неману, Бугу и Днепру с выходом в Черное и Балтийское моря. В ближайшие годы намечается строительство канала из р. Вилии для обводнения р. Свис-

лочи и из р. Припяти к Солигорскому комбинату. Будут расширяться и благоустраиваться существующие города и строиться новые. Все эти объекты потребуют дополнительные источники водоснабжения и исчерпывающие данные о ресурсах подземных вод и их режиме. В настоящем томе необходимые данные приводятся в тексте или на картах.

В связи с этим в качестве первоочередной задачи на ближайшие годы является продолжение гидрогеологической съемки территории БССР в масштабе 1 : 200 000 и крупнее, а в отдельных районах, с выполнением необходимых работ по оценке естественных ресурсов подземных вод. По наиболее крупным промышленным узлам, городам и населенным пунктам должны быть проведены детальные работы по оценке эксплуатационных ресурсов в районах действующих и вновь строящихся водозаборов. Широкий размах мелиорации заболоченных земель, а также строительство транспортных и других каналов вызывает необходимость дальнейшего изучения режима подземных вод в региональном аспекте, а также составления карт прогноза режима подземных вод в зоне крупных водозаборов, осушаемых массивов и каналов. Большой и важной проблемой для Белоруссии является предотвращение засоления крупных земельных массивов в Полесье от складирования засоленных пород, вынимаемых при разработке калийных и каменных солей из шахт Солигорского комбината. В этой части химиками должны быть разработаны дешевые и надежные экраны, препятствующие фильтрации соленых растворов в нижележащие грунты и подземные воды. Не должны быть забыты и проблемы, касающиеся прогноза возможных просадок пород в районе ведения подземных работ Солигорских комбинатов и закачки рассолов комбинатов в глубокие водоносные горизонты, содержащие минерализованные воды.

В процессе гидрогеологической съемки, разведочного, опорного и параметрического бурения необходимо обратить внимание на изучение химического, газового и бактериального состава подземных вод и температуры. В первую очередь это относится к территории Белорусского кристаллического массива, где указанные данные могут оказаться в качестве поисковых критериев на различные металлы. Для этой цели при опробовании скважин должна быть установлена такая длительность откачек, которая бы характеризовала поступление подземных вод из различных зон массива и пройденную глубину в целом. Для некоторых южных районов БССР уже сейчас, на основании имеющихся данных, необходимо проработать вопрос о возможности использования для промышленных целей минерализованных подземных вод, содержащих повышенное содержание в них брома, йода, бора, лития.

Дальнейшее изучение температурного режима подземных вод на территории БССР открывает перспективы использования перегретых подземных вод в депрессиях для бытового и коммунального использования. При бурении глубоких скважин для поисков нефти и газа должно быть обеспечено надежное опробование водоносных горизонтов и получение данных о статических уровнях воды.

Осушение заболоченных территорий в пределах Полесья и других районов Белоруссии вызовет в дальнейшем изменение условий питания подземных вод в близлежащих районах, и это обстоятельство необходимо учитывать при составлении различных схем водохозяйственных мероприятий. В этой связи нам представляется целесообразным продумать вопрос об использовании, для целей осушения, вертикального дренажа, который даст возможность регулировать величину осушения в том или ином районе с учетом поставленной задачи и более широко использовать откачиваемые подземные воды для целей водоснабжения,

а в отдельных случаях для подпитывания более глубоких водоносных горизонтов. Такое мероприятие даст возможность управлять водным балансом, с учетом практических интересов. Проблема искусственного увеличения ресурсов подземных вод за счет перевода поверхностного стока в подземный, для ряда районов БССР является актуальной.

В этой связи возникает вопрос о разработке перспективного плана размещения сети скважин для изучения режима подземных вод не только водоносных горизонтов грунтовых вод, но и более глубоких водоносных горизонтов, включая минерализованные воды и рассолы.

Изучение водных ресурсов должно осуществляться комплексно на базе использования и организации режимных наблюдений, данных по инфильтрации, химическому составу и производительности водоносных толщ. Наличие таких материалов в дальнейшем позволит составить гидрогеологические карты различных масштабов.

Большое значение для дальнейших работ по гидрогеологии на территории республики будет иметь изучение подземных вод глубоких водоносных горизонтов в районе развития нефтяных структур в связи с вопросами рациональной эксплуатации нефтяных залежей, а также использования минерализованных вод для курортного строительства и промышленных целей.

Инженерно-геологические свойства пород на территории БССР изучены недостаточно, особенно в районах городского, промышленного и гидротехнического строительства. Особенно важны такие исследования в районе горных выработок Солигорских калийных комбинатов, где вопросы устойчивости кровли надсолевых отложений будут определять систему разработки месторождений и экономику минерального сырья. Поэтому при производстве исследований должен быть осуществлен комплекс не только полевых, но и лабораторных определений водных, физических и инженерно-технических свойств. Это позволит в дальнейшем составить инженерно-геологические карты по различным глубинам с учетом их практической направленности. Выполнение этих работ должно осуществляться в порядке содружества производственных, научно-исследовательских и проектных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

- Агроклиматический справочник по Белорусской ССР. Гидрометиздат, 1958.
- Акимец В. С. Новые данные о верхнемеловых отложениях Гродненской области. ДАН БССР, 1959, т. III, № 6.
- Акимец В. С. Стратиграфия и фораминиферы верхнемеловых отложений Белоруссии. В сб.: «Палеонтология и стратиграфия БССР», сб. 3. Изд. АН БССР, 1961.
- Армашевский Н. Я. Заметка о буровой скважине в г. Гомеле. Зап. Киевск. об-ва естествоисп. т. XVI, вып. 1, 1897.
- Атлас БССР. Изд. АН БССР. Главное управление геодезии и картографии МВД СССР. Минск — Москва, 1958.
- Атлас палеогеографических карт УССР и Молдавской ССР. Изд. АН УССР, 1960.
- Бабинец А. Е. Особенности геотермического режима и причины аномального тепла в платформенной части Украинской и Молдавской ССР. «Геологический ж.», т. 17, вып. 1.
- Бабинец А. Е. Минерализованные воды юго-западной части Русской платформы в связи с дальнейшими перспективами ее нефтеносности. В сб.: «Геол., стратиграф. и нефтеносность вост. обл. Украины». Изд. АН УССР, 1959.
- Бабинец А. Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы. Изд. АН УССР, 1961.
- Беляков М. Ф. Геотермические измерения в Белоруссии. «Нефт. х-во», 1954, № 11.
- Берзина Л. К. Результаты изучения баланса грунтовых вод по стационарным наблюдениям. Изв. АН БССР, № 3, сер. физ.-мат. наук, 1960.
- Берзина Л. К. Характеристика подземных вод среднепалеозойских отложений района Ельской структуры Припятского прогиба. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1961.
- Берзина Л. К. О подземных водах подсоловых отложений девона Припятского прогиба. Изв. АН БССР, 1962, т. VI, № 2.
- Берзина Л. К. Режим грунтовых вод в восточной части Припятского Полесья, в районе Мозыря и Калинковичей. Изд. «Наука и техника», Минск, 1964.
- Биндеман Н. Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. Госгеолтехиздат, 1963.
- Богомолов Г. В. Гидрогеологические исследования девонского водоносного горизонта в окрестностях г. Минска. Тр. ин-та Гидротехгео, 1929.
- Богомолов Г. В. и Вевиоровская М. А. Гидрогеологические исследования в бассейне р. Свислочь. Материалы по изуч. геол., гидр. и пол. ископ. БССР, т. VII. Изд. АН БССР (на белорусск. яз.), 1933.
- Богомолов Г. В. Геологические и гидрогеологические условия территории БССР. Гидрогеология СССР. «Белорусская ССР», 1937.
- Богомолов Г. В., Герасимов И. Г., Духанина В. И. Справочник к обзорным схематическим гидрогеологическим картам центральной территории БССР. Л.—М., 1941.
- Богомолов Г. В. Геологические структуры Белоруссии и краткая характеристика дочетвертичного и современного рельефа. В сб.: «Геология и полезные ископаемые БССР», сб. 1. Изд. АН БССР, 1946.
- Богомолов Г. В. Подземные воды БССР с атласом геологических и гидрогеологических карт и разрезов к ним. Изд. АН БССР, 1947.
- Богомолов Г. В. Геологические исследования в Полесье в связи с его осушением. В сб.: «Геология и полезные ископаемые БССР», сб. 2. Изд. АН БССР, 1948.
- Богомолов Г. В. Характер напора подземных вод на территории БССР. В сб.: «Геология и полезные ископаемые БССР», сб. 2. Изд. АН БССР, 1948.
- Богомолов Г. В. Некоторые закономерности уровня режима водоносных горизонтов коренных пород в южной части БССР. Изв. АН БССР, 1949, № 1.
- Богомолов Г. В. Редкие компоненты при формировании подземных вод глубоких горизонтов. Тр. ИГН АН БССР, вып. I, 1958.

- Богомолов Г. В. Некоторые данные о геотермических условиях территории Белорусской ССР и прилегающих районов. В кн.: «Проблема геотермии и практического использования тепла земли», т. I. Изд. АН СССР, 1959.
- Богомолов Г. В. Геологические структуры центральной и западной частей Русской платформы и их роль в распределении и формировании подземных вод. Тр. ИГН АН БССР, вып. II. Изд. АН БССР, 1960.
- Богомолов Г. В., Козлов М. Ф. Некоторые закономерности распределения различных химических типов подземных вод на территории БССР. Тезисы докл. совещания по изуч. геохимич. и биогеохимич. провинций территории БССР. Изд. АН БССР, 1960.
- Богомолов Г. В., Яншина М. С., Плотникова Г. Н., Флерова Л. И. Подземные воды центральной и западной частей Русской платформы (палеозой). Изд. АН БССР, 1962.
- Богомолов Г. В., Берзина Л. К. Гидрогеологические условия некоторых нефтеносных структур Припятского прогиба. В сб.: «Геология и гидрогеология Припятского прогиба». Изд. АН БССР, 1963.
- Богомолов Г. В., Протасеня Д. Г. Термальные воды СССР и вопросы их теплоэнергетического использования. Изд. АН БССР, 1963.
- Бондаренко Б. В. К вопросу геологического истолкования магнитного поля Припятской впадины на юго-востоке БССР. Изв. АН БССР, 1955, № 1.
- Бондаренко Б. В., Кравчук Д. Н. Тектоническое районирование Припятской впадины по данным численного анализа аномалии силы тяжести. ДАН БССР, 1960, т. IV, № 12.
- Бондаренко Б. В., Хотько Ж. П. Основные черты тектоники Брестской впадины. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1961.
- Бочевер Ф. И., Веригин Н. Н. Методическое пособие по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. Стройиздат, 1961.
- Брунс Е. П. Стратиграфия и тектоника палеозойских отложений северо-западной окраины Днепровско-Донецкой впадины. «Советская геология», 1955, № 45.
- Брунс Е. П. История развития Припятского прогиба в палеозое. Материалы ВСЕГЕИ, вып. 14, 1956.
- Брунс Е. П. Стратиграфия девонских и доордовикских отложений западной части Русской платформы. «Советская геология», 1957, № 59.
- Варава К. П. Подземные воды Украинского Полесья. Изд. АН УССР, Киев, 1959 (на украинск. яз.).
- Вевниоровская М. А. К вопросу о дренировании грунтовых вод руслами рек. Сб. статей по вопросам гидрогеол. и инженер. геол. Изд. МГУ, 1962.
- Винокуров Ф. П., Тетеркин А. Е., Питерман М. А. Строительные свойства торфяных грунтов. Изд. АН БССР, 1962.
- Вознячук Л. Н. Отложения последнего межледникового на территории Белоруссии. Материалы по антропогену Белоруссии к VI конгрессу ИНКВА в Варшаве. Изд. АН БССР, 1961.
- Гатальский М. А. Подземные воды и газы палеозоя северной половины Русской платформы. Гостоптехиздат, 1954.
- Гатальский М. А. Оценка перспектив нефтегазоносности Русской платформы по гидрохимическим показателям. Очерки по геологии СССР. Тр. ВНИГРИ, т. 3, вып. III, 1957.
- Гатальский М. А. Геология, гидрогеология и нефтеносность Белоруссии. Гостоптехиздат, 1963.
- Геология СССР, т. III. «Белорусская ССР», Гостеолиздат, 1947.
- Голубцов В. К. Стратиграфическая схема пермо-триаса Припятского прогиба (юго-восток БССР). Тр. ИГН АН БССР, вып. I. Изд. АН БССР, 1958.
- Голубцов В. К., Кедо Г. И., Махнач А. С., Фурсенко А. В. Стратиграфия палеозоя Припятского прогиба. В сб.: «Геологическое строение и нефтеносность восточных областей Украины». Изд. АН УССР, 1959.
- Голубцов В. К. Некоторые данные о стратиграфии триасовых отложений западной части Белоруссии. Тр. Конф. по вопр. мезозоя и кайнозоя Прибалтики и Белоруссии. Изд. АН ЛитССР, 1960.
- Голубцов В. К. Триасовые отложения Припятского прогиба. Тр. Всесоюз. совещ. по пересмотру унифицирован. схемы мезозоя. Гостоптехиздат, 1960.
- Голубцов В. К., Махнач А. С. Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое. Изд. АН БССР, 1961.
- Горелик З. А., Харчиков П. К. Об истории формирования соляных структур и некоторых задачах поисков нефти на территории Припятской впадины. «Геология нефти и газа», 1961, № 10.
- Данович Д. А. Анализ минимального стока и обуславливающих его факторов на примере рек БССР. Тр. ГГИ, вып. 27, 1950.
- Дементьев В. А. Современные геоморфологические процессы на территории Белоруссии. Тр. геогр. фак. БГУ, вып. 2, Минск, 1958.

- Дзяменцьей В. А., Шкляр А. Х., Якушка С. Ф. Природа Беларусі, (Фізіка-геаграфічны агляд). Изд. БГУ, 1959.
- Дементьев В. А., Лукашев К. И. Вопросы географии Белоруссии. Изд. АН БССР, 1960.
- Дементьев В. А. Основные черты рельефа и геоморфологические районы Белоруссии. Вопросы геогр. Белоруссии, вып. 1. Изд. АН БССР, 1960.
- Дзилна И. А. Об инженерно-геологических свойствах мергельно-меловых пород восточной части БССР. Вопросы географии Белоруссии, вып. 1. Изд. АН БССР, 1960.
- Дзилна И. А. Инженерно-геологические свойства мергельно-меловых пород юго-восточной части Белорусской ССР (бассейн р. Сож). Автореф. Изд. АН БССР, 1961.
- Дикенштейн Г. Х., Левина Л. М. [и др.]. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Прибалтики и Белоруссии. Тр. ВНИГНИ, вып. XVIII, 1959.
- Духанина В. И., Родионов Н. В., Семихатов А. Н. Карта грунтовых вод Европейской части СССР. Госгеолтехиздат, 1958.
- Духанина В. И. [и др.]. Карта основных водоносных горизонтов Европейской части СССР масштаба 1:1 500 000 (для целей водоснабжения). Госгеолтехиздат, 1960.
- Жилинский И. И. Очерк работ западной экспедиции по осушению болот. Тр. Министерства земледелия, т. I—II, 1899.
- Жирмунский А. М. Подземные воды Западного края. Материалы по общей и прикладной геологии, вып. 63, 1927.
- Жирмунский А. М. О возможном содержании инженерно-геологических карт. «Пробл. сов. геол.», 1934, № 6.
- Иванов К. Е. Гидрология болот. Гидрометиздат, 1953.
- Игнатович Н. К. Гидрогеология Русской платформы. Госгеолиздат, 1946.
- Иодказис В. И. К вопросу об условиях питания и разгрузки пресных вод дочетвертичных отложений на территории Литвы. В сб.: «Вопросы геологии Литвы». Изд. АН ЛитССР, 1963.
- Иодказис В. И., Веножинскис В., Игнатавичус А., Кондратас А. Прогноз региональных эксплуатационных запасов подземных вод Литовской ССР. В сб.: «Вопросы геологии Литвы». Изд. АН ЛитССР, 1963.
- Каган Ц. А., Гельфер Е. А. Опыт изучения характера органических веществ в подземных водах БССР. Тезисы докл. совещ. по изуч. геохим. и биохим. провинций территории БССР. Изд. АН БССР, 1960.
- Каган Ц. А., Гельфер Е. А. Содержание фтора в природных водах БССР. Тезисы докл. совещ. по изуч. геохим. и биогеохим. провинций территории БССР. Изд. АН БССР, 1960.
- Каган Ц. А. Санитарный и гидрохимический режим вод межморенных горизонтов в р-не биологических прудов Минска. В сб.: «Очистка сточных вод в биологических прудах» под ред. Д. В. Остапени. Изд. АН БССР, 1961.
- Каганович Ю. Я., Мищенко К. П. Температурные коэффициенты теплот растворения электролитов. В кн.: «Общая химия», т. 24, вып. 1, 1951.
- Калитовский Е. Ф. Минская лечебно-питьевая минеральная вода. Изд. Министерства здравоохранения БССР, 1958.
- Каменский Г. Н., Толстухина М. М., Толстухин Н. И. Гидрогеология СССР. Госгеолтехиздат, 1959.
- Кедо Г. И. Споры среднего девона северо-востока БССР. В сб.: «Палеонтология и стратиграфия БССР», сб. 1. Изд. АН БССР, 1955.
- Кедо Г. И. Споры из подсолевых девонских отложений Припятского прогиба и их стратиграфическое значение. В сб.: «Палеонтология и стратиграфия БССР», сб. 2. Изд. АН БССР, 1957.
- Кириллин В. А., Шейндлин А. Е. Термодинамика растворов. Госэнергоиздат, 1956.
- Киселев П. А. Глубинное питание и поглощение грунтовых вод через перемены в подстилающих их водоупорных слоях. ДАН БССР, 1959, т. 3, № 6.
- Киселев П. А. Исследование баланса грунтовых вод по колебаниям их уровня. Изд. АН БССР, 1961.
- Киселев П. А. Режим грунтовых вод в Припятском полесье в районе среднего течения р. Птичи. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1961.
- Киселев П. А. Прогноз колебаний уровня грунтовых вод методом конечных разностей. Тр. Лабор. гидрогеол. пробл. им. Ф. П. Саваренского, т. 40, 1962.
- Киселев П. А. Режим расхода грунтового потока в долине р. Птичи в районе Глуска. В кн.: «Геология и гидрогеология Припятского прогиба». Изд. АН БССР, 1963.
- Киселев П. А. Исследование закономерностей режима грунтовых вод в районе Полесской низменности на основе гидрогеологического анализа. В кн.: «Режим и баланс подземных вод Белоруссии». Изд. «Наука и техника», 1964.

- Климатический справочник СССР, вып. 7. Госиздат БССР, 1947.
- Козлов М. Ф. Минеральные воды БССР как база для развития санаторно-курортного дела в республике. В кн.: «Развитие санаторно-курортного дела в Белорусской ССР». Изд. АН БССР, 1952.
- Козлов М. Ф. Минеральные воды БССР и перспективы использования их в санаторно-курортном деле республики. Тезисы докл. Всесоюз. конф. врачей физиотерапевтов и курортологов. Изд. Министерства здравоохранения БССР, 1957.
- Козлов М. Ф. Карта минеральных вод БССР в масштабе 1 : 2 500 000. «Атлас БССР». Изд. АН БССР, 1958.
- Козлов М. Ф. О геологических структурах Припятского Полесья. Тр. ИГН АН БССР, вып. I. Изд. АН БССР, 1958.
- Козлов М. Ф. О минеральных водах Белоруссии. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1959, № 1 (на белорусск. яз.).
- Козлов М. Ф. Изученность минеральных вод на территории БССР и задачи дальнейших исследований в этой области. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Козлов М. Ф. Некоторые закономерности формирования подземных вод на территории Полесской низменности. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Козлов М. Ф. Состояние и задачи изучения минеральных вод на территории БССР. Тр. ИГН АН БССР, вып. II. Изд. АН БССР, 1960.
- Козлов М. Ф., Шилинская Я. М. Режим грунтовых вод в бассейне среднего течения р. Случи. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, Изд. АН БССР, 1961.
- Козлов М. Ф., Шилинская Я. М. Баланс грунтовых вод в бассейне среднего течения р. Случь. Изв. АН БССР, 1963, № 1.
- Козлов М. Ф., Медведева М. Г. Гидрогеологические условия долины Зап. Двины в среднем ее течении. Материалы II научно-практич. конф. Изд. Смоленск. педагогич. ин-та, 1963.
- Козлов М. Ф. Некоторые вопросы гидрогеологии Полесской низменности в связи с проблемой ее осушения. В сб.: «Геология и гидрогеология Припятского прогиба». Изд. АН БССР, 1963.
- Козлов М. Ф., Шилинская Я. М. Режим и баланс подземных вод в бассейне среднего течения р. Случи. В кн.: «Режим и баланс подземных вод Белоруссии». Изд. «Наука и техника», Минск, 1964.
- Коржув С. С. Рельеф Припятского Полесья (структурные особенности и основные черты развития). Изд. АН СССР, 1960.
- Корниенко И. М., Лавров А. П. Особенности активного водообмена в условиях Полесской низменности. Тр. ИГН АН БССР, вып. III. Изд. АН БССР, 1961.
- Котлов Ф. В. Геологические процессы и явления, связанные с деятельностью человека, и их значения для гидрогеологии и инженерной геологии. Докл. к собр. международн. ассоц. гидрогеологов. Госгеолтехиздат, 1960.
- Краткий справочник рек и водоемов БССР. Госиздат БССР, 1948.
- Крашенинникова О. В. Древние свиты западного склона Украинского кристаллического щита. Изд. АН УССР, 1956.
- Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. Изд. МГУ, 1960.
- Лавров А. П. Об экспериментальном изучении водных свойств рыхлых минеральных и органических пород в зонах избыточного увлажнения западной части Русской платформы. Тр. ИГН АН БССР, вып. I, 1958.
- Лавров А. П., Маркова А. П. Особенности химического состава подземных вод различных фаций зоны активного водообмена БССР. Тезисы докл. совещ. по изуч. геохим. и биогеохим. провинций территории БССР. Изд. АН БССР, 1960.
- Лавров А. П. О температурных зонах подземной гидросферы БССР (Полесье). Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Лавров А. П. Структура грунтового стока в условиях зоны избыточного увлажнения (Полесье). Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1961.
- Лавров А. П., Корниенко И. М. Особенности активного водообмена на территории Полесья. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1961.
- Лавров А. П. Опыт определения естественных ресурсов (возобновления) подземных вод в условиях БССР. ДАН БССР, 1962, № 9.
- Лавров А. П., Зекцер И. С., Попов О. В. Опыт изучения условия формирования естественных ресурсов подземных вод на примере бассейна Зап. Двины (Даугавы). Тезисы докл. в МОИП, 1962.
- Лавров А. П., Зекцер И. С., Попов О. В. Основные закономерности подземного стока бассейна Зап. Двины (Даугавы). Изд. АН БССР, 1963.
- Лавров А. П. Гидрогеохимические особенности подземного стока в реки южной части БССР. В сб.: «Геология и гидрогеология Припятского прогиба». Изд. АН БССР, 1963.
- Лавров А. П., Зекцер И. С. Пример оценки естественных ресурсов пресных и минерализованных подземных вод в сложных геологических условиях (бассейн Зап. Двины). ДАН АН БССР, 1963, № 7.

- Лавров А. П., Зекцер И. С., Попов О. В. Природные факторы формирования подземного стока бассейна Зап. Двины. Изд. «Наука и техника». Минск, 1964.
- Лалуть В. А. О нефтеносности Припятского прогиба по данным люминесцентно-битуминологического анализа. ДАН БССР, 1960, т. IV, № 8.
- Левина Л. М. О догдовском комплексе Белоруссии. ДАН СССР, 1957, т. 113, № 3.
- Лившиц И. М. Сезонное и месячное распределение стока на территории Полесья. Тр. Ин-та водного и болотного хоз-ва АН БССР, т. 6, 1955.
- Личков Б. Л. Подземные воды района Украинского кристаллического массива. Изд. АН СССР, вып. 2, 1930.
- Личков Б. Л. К вопросу о значении местных базисов эрозии в гидрогеологии. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 3, 1948.
- Ловыгин Н. И. Строительные свойства лёссовидных грунтов территории Белорусской ССР. Автореф. канд. дисс. Днепрпетровск, 1961.
- Лукашев К. И., Маркова А. П. Некоторые данные гидрохимического изучения рассолов и пород Припятского прогиба. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1958, № 4 (на белорусск. яз.).
- Лукашев К. И., Маркова А. П. Микроэлементы в природных водах районов распространения лёссовых пород Белоруссии. ДАН СССР, 1960, № 6.
- Лукашев К. И., Маркова А. П., Жуковичкая А. Л. Химический состав рассолов девонских отложений Стреличевской площади (скв. Р-1) ДАН БССР, 1960, № 12.
- Лукашев К. И., Маркова А. П., Замяткина А. А. Микроэлементы в различных генетических типах вод Белоруссии. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1960.
- Лукашев К. И. Генетические типы и фации антропогенных отложений Белоруссии. В сб.: «Материалы по антропогену Белоруссии». Изд. АН БССР, 1961.
- Лукашев К. И. Некоторые вопросы изучения генезиса четвертичных отложений. В сб.: «Материалы по генезису и литологии четвертичных отложений». Изд. АН БССР, 1961.
- Лукашев К. И., Дромашко С. Г. Некоторые вопросы генезиса лёссовых пород Белоруссии. В сб.: «Материалы по генезису и литологии четвертичных отложений». Изд. АН БССР, 1961.
- Лукашев К. И., Маркова А. П. Гидрохимическая характеристика пластовых вод палеозоя Стреличевской площади в связи с изучением нефтеносности Припятского прогиба. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1961, № 4 (на белорусск. яз.).
- Лукашев К. И., Маркова А. П. О содержании некоторых микроэлементов в природных водах районов распространения лёссовых пород Белоруссии. Тезисы докл. XV гидрохимич. совещ. по микрокомпонентам состава натуральных и загрязненных вод. Новочеркасск, 1961.
- Лукашев К. И., Маркова А. П. Данные гидрохимического изучения рассолов девонских отложений Первомайской площади (скв. Р-2). ДАН БССР, 1961, т. V, № 11.
- Лукашев К. И., Маркова А. П., Жуковичкая А. А. Гидрохимическая характеристика рассолов палеозоя Червонослободской площади (скв. 1). ДАН БССР, 1961, т. V, № 12.
- Лукашев К. И. Очерки по геохимии гипергенеза. Изд. АН БССР, 1963.
- Лубяко Е. И. Методы проектирования осушительных систем в Белорусской ССР. Тр. конф. по мелиор. и освоению болот и заболоч. почв. Изд. АН БССР, 1956.
- Люткевич Е. М. К вопросу о формировании залежей девонской нефти в Припятском Полесье. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Макаренко Ф. А. О подземном питании рек. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. 1, 1948.
- Маккавеев А. А. Тектоника и геологическая история северной части Украинского кристаллического массива и Полесского вала. «Советская геология», 1946, № 12.
- Маккавеев А. А. Условия формирования и химизм грунтовых вод на территории Припятского Полесья. «Советская геология», 1956, № 56.
- Маккавеев А. А. Четвертичные отложения Припятского Полесья. В сб.: «Вопросы гидрогеол. и инж. геологии», сб. 18.
- Маккавеев А. А. Задачи и методика радиогидрогеологических исследований. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Маккавеев А. А. Геологическая история Припятского Полесья в четвертичный период. Встр. гидрогеол. и инж. геол., сб. 19. Госгеолтехиздат, 1961.
- Маков К. И. Подземные воды Днепровско-Донецкой впадины. Изд. АН УССР, 1941.
- Маков К. И. Гидрогеологические условия Украинского массива. «Геологический ж.» АН УССР, 1948, т. IX, вып. 3.
- Манькин С. С. Стратиграфия третичных отложений Белоруссии. Изд. АН БССР, 1959.

- Манькин С. С. Прибрежные фации киевской свиты Белоруссии. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1963, № 2 (на белорусск. яз.).
- Маринич А. М. Основные черты строения и истории развития речных долин Украинского Полесья. Тр. Географ. об-ва УССР, вып. 1, 1956.
- Маркова А. П. Геохимическая характеристика некоторых источников подземных вод северной части БССР. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1958, № 3 (на белорусск. яз.).
- Маркова А. П. Иод и бром в водах и рассолах территории БССР. Тр. ИГН АН БССР, вып. I, 1958.
- Маркова А. П. О химическом составе термальной воды из девонских отложений района Ельска. ДАН БССР, 1958, № 4.
- Маркова А. П. О химическом составе минерализованных вод и рассолов древнепалеозойских отложений Белоруссии. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Маркова А. П., Филонов В. А. О геохимических критериях палеозойских отложений Припятской впадины. Тр. ИГН АН БССР, 1964.
- Махнач А. С., Стефаненко А. Я., Цапенко М. М., Козлов М. Ф. Краткий очерк геологии Белоруссии. Изд. АН БССР, 1957.
- Махнач А. С. Древнепалеозойские отложения Белоруссии. Изд. АН БССР, 1958.
- Махнач А. С. Новый, наиболее полный разрез белорусской (полесской) серии нижнего эокембрия западной части Русской платформы. ДАН СССР, 1960, № 4.
- Махнач А. С. О полезных ископаемых древнепалеозойских отложений Белоруссии. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Митянина И. В. Стратиграфическая схема юрских отложений Белоруссии. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1959, № 4 (на белорусск. яз.).
- Митянина И. В. Стратиграфическое расчленение юрских отложений Белоруссии. Мат. Всес. совещ. по уточнению униф. схемы стратиграфии мезозойских отложений Русской платформы, т. 2, юрская система. Тр. Всесоюз. научн.-исслед. геолог.-развед. нефт. ин-та, вып. 29, 1961.
- Митянина И. В. Фораминиферы верхнего оксфорда Белоруссии. В сб.: «Палеонтология и стратиграфия БССР», сб. 4. Изд. АН БССР, 1963.
- Москвитин А. И. Стратиграфическая схема четвертичного периода в СССР. Изв. АН СССР, сер. геол., 1954, № 3.
- Москвитин А. И. Современные представления о стратиграфическом делении и длительности плейстоцена. Бюлл. комиссии по изуч. четвертич. периода. Изд. АН СССР, 1959, № 23.
- Мурашко М. Г. [и др.]. Водноэнергетический кадастр БССР, т. I. Изд. АН БССР, 1960.
- Невмержицкая З. М. Литолого-минералогическая характеристика пермотриасовых отложений района дер. Гиневичев Груд. Тр. ИГН АН БССР, вып. I, 1958.
- Невраев Г. А., Васильева В. Н., Виноградова М. Р. Гидроминеральные ресурсы Белорусской ССР и пути их лечебного использования. Информ. методич. материалы по вопр. гидрогеол. и бальнеотехники лечебных вод и грязей СССР, вып. 3, 1961.
- Николаев Н. И. К вопросу о состоянии изученности новейших континентальных отложений. Тр. совещ. по осадочн. породам. ДАН СССР.
- Овчинников А. М. Современное состояние вопроса о формировании подземных вод. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. X, 1948.
- Оппоков Е. В. Режим грунтовых вод в районе Полесья. «Почвоведение», 1913, № 2—3.
- Остапеня П. В. Характеристика гидроминеральных ресурсов БССР. «Белорусск. мед. журнал», 1940, № 12.
- Остапеня П. В. Минеральные воды БССР и их бальнеологическая оценка. В сб.: «Развитие санаторно-курортного дела в Белорусской ССР». Изд. АН БССР, 1952.
- Остапеня П. В., Каган Ц. А., Гельфер Е. А. Некоторые данные о содержании йода, фтора и меди в природных водах Полесской низменности. «Здравоохранение Белоруссии», 1956, № 7.
- Парфенова Н. И. Некоторые данные об инженерно-геологических особенностях аллювиальных глинистых отложений. Тр. ИГН АН БССР, вып. II, 1960.
- Парфенова Н. И. Некоторые особенности гранулометрического состава аллювиальных песчаных отложений в связи с их инженерно-геологической оценкой. Материалы конф. молодых ученых АН БССР. Изд. АН БССР, 1960.
- Пидопличко А. П. О характере образования озер на торфяниках БССР. Гр. Ин-та торфа, 1953.
- Парфенова Н. И. Инженерно-геологические свойства фаций руслового аллювия р. Припять. Тр. ИГН АН БССР, вып. III, 1961.
- Пидопличко А. П., Конойко М. А. О времени образования и особенности развития озер и торфяников в голоцене на территории Белорусской ССР. ДАН БССР, 1959, т. III, № 11.

- Пидопличко А. П. Торфяные месторождения Белоруссии. Изд. АН БССР, 1961.
- Попов И. В., Кац Р. С., Кориковская А. К., Лозарева В. П. Методика составления инженерно-геологических карт. Госгеолтехиздат, 1950.
- Попов И. В. Инженерная геология. Изд. МГУ, 1959.
- Приклонский В. А. Грунтоведение, ч. I. Госгеолтехиздат, 1955.
- Проблемы использования водных ресурсов Белорусской ССР. Изд. АН БССР, 1962.
- Распопов М. П. Районирование подземных вод равнины Европейской части СССР по условиям их стока в реки. Тр. ГГИ, вып. 27 (81), 1950.
- Роговой П. П. Гидрологическая связь почв и произрастающих на них лесов на территории БССР. Тр. конф. по мелиор. и освоению болот и заболоч. почв, 1956.
- Романов В. В. Болота и их свойства. Гидрометиздат, 1937.
- Романов В. В., Иванов К. Е. Водный баланс долинных болот Полесья и его возможное преобразование. Тр. конф. по мелиор. и освоению болот и заболоч. почв, 1956.
- Романов В. В. Гидрофизика болот. Гидрометиздат, 1961.
- Руденко Ф. А. Гидрогеология украинского кристаллического щита. Госгеолтехиздат, 1958.
- Силин-Бекчурин А. И. О динамике обводнения нефтяных залежей. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. I, 1948.
- Силин-Бекчурин А. И. Гидродинамические и гидрохимические закономерности на территории Прибалтики. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР, т. XX, 1958.
- Соколов Б. С. О возрасте древнейшего осадочного покрова Русской платформы. Изв. АН СССР, сер. геол., 1952, № 5.
- Соколов Д. С. Основные условия развития карста. Госгеолтехиздат, 1962.
- Стефаненко А. Я., Козлов М. Ф., Маркова А. П. Минерализованные воды БССР и возможности их использования для лечебных целей. Изв. АН БССР, 1951, № 4.
- Стефаненко А. Я. Минеральные воды палеозойских отложений территории БССР. В сб.: «Развитие санаторно-курортного дела в Белорусской ССР». Изд. АН БССР, 1952.
- Сулин В. А. Воды нефтяных месторождений СССР. ОНТИ, 1935.
- Сулин В. А. Воды нефтяных месторождений в системе природных вод. Гостоптехиздат, 1946.
- Сулин В. А. Гидрогеология нефтяных месторождений. Гостоптехиздат, 1948.
- Сухарев Г. М. Гидрогеология и воды нефтяных и газовых месторождений. Гостоптехиздат.
- Томашевич А. В., Берестов И. К. Справочник по минеральному сырью местных строительных материалов БССР. Изд. БГУ.
- Тутковский П. А. Полесские окна. Землеведение, к. IV, 1899.
- Тутковский П. А., Оппоков Е. В. Глубокое бурение в 1914—1915 гг. в г. Минске в сопоставлении с другими глубокими буровыми скважинами в районе Полесья. В сб.: «Материалы по исслед. рек и речных долин Полесья Полесской изыскательской партии», вып. I, Киев, 1916.
- Тутковский П. А. Более глубокие буровые скважины по соседству с бассейном р. Птичь. Буровая скважина 1914—1915 гг. в Минске в усадьбе городской водопроводно-электрической станции. В сб.: «Материалы по исслед. рек и речных долин Полесья Полесской изыскательской партии», вып. I, Киев, 1916.
- Фурсенко А. В., Ковхута М. Г. О франских и фаменских отложениях Припятского Полесья и их фауне. В сб.: «Палеонтология и стратиграфия БССР», сб. I. Изд. АН БССР, 1955.
- Фурсова Н. П. Нефтеносность и вопросы образования нефтяных залежей в Припятском грабене. ДАН БССР, 1959, т. III, № 10.
- Хотько Ж. П., Бондаренко Б. В. Основные тектонические структурные элементы Белорусской ССР по геофизическим данным. ДАН СССР, 1956, т. 106, № 4.
- Цапенко М. М. К вопросу о геологической природе Полесья. Изв. АН БССР, сер. геол., 1947, № 2.
- Цапенко М. М. Строение четвертичных отложений Белорусской ССР. Материалы научн. совещ. Изд. АН ЛитССР, т. 14.
- Цапенко М. М., Махнач Н. А. Антропогеновые отложения Белоруссии. Изд. АН БССР, 1959.
- Цапенко М. М., Махнач Н. А. Палеогеография и хронология антропогена в области развития скандинавских ледниковых покровов. В сб.: «Хронология и климаты четвертичного периода». Изд. АН СССР, 1960.
- Цапенко М. М. Об условиях формирования антропогеновых отложений Белорусской ССР. В сб.: «Материалы по генезису и литологии четвертичных отложений». Изд. АН БССР, 1961.

Цапенко М. М., Шевяков Б. В., Мандер Е. П. Рельеф Белоруссии и некоторые особенности его формирования. В сб.: «Материалы по антропогену Белоруссии». Изд. АН БССР, 1961.

Чаповский Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. Госгеолтехиздат, 1958.

Шабловский Е. Я. Напорные воды в отложениях девонской системы и их эксплуатация в Смоленской области. Тр. Смоленск. краевед. научн.-исслед. ин-та, № 2, 1958.

Шабловский Е. Я. Формирование подземных вод и их зональность в пределах территории Смоленской области. Уч. зап. Смоленск. пед. ин-та, вып. VIII, 1959.

Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Тр. ИГ АН СССР, сер. геол., 1951, вып. 135, № 55.

Шатский Н. С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. Изв. АН СССР, сер. геол., 1946, № 1.

Шатский Н. С. Фосфоритовые формации и классификация фосфоритовых залежей. Тр. совещ. по осадочн. породам, вып. 2. ДАН СССР, 1955.

Шербина В. Н. Некоторые вопросы тектоники периферического обрамления Припятского грабена. Тр. ИГН АН БССР, вып. 2, 1960.

Яковлев Б. И. Мелиорация избыточно увлажненных почв в условиях Белорусской ССР. Тр. конф. по мелиор. и освоению болот и заболоч. почв. Изд. АН БССР, 1956.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. Г. В. Богомолов	5
<i>Глава I. История гидрогеологических исследований.</i> А. Н. Наревич, И. С. Кичкина, Г. Г. Маляр	9
<i>Глава II. Основные естественноисторические факторы, определяющие распространение и формирование подземных вод</i>	20
Физико-географические факторы. А. И. Валайко	20
Геологические факторы. А. И. Свержинский, Н. М. Грипинский	24
Гидрогеологические и гидрологические факторы. А. П. Лавров	37
Искусственные факторы. Г. Г. Маляр, В. Г. Лободенко	65
<i>Глава III. Описание подземных вод</i>	67
Гидрогеологическое районирование. А. С. Кабанов	67
Характеристика водоносных горизонтов. А. С. Кабанов, М. Ф. Козлов	75
Режим подземных вод. П. А. Киселев, И. М. Корниенко	189
Гидродинамическая, геохимическая и гидротермальная зональность подземных вод. Г. В. Богомолов	204
Вопросы формирования подземных вод и палеогидрогеология. Г. В. Богомолов	215
<i>Глава IV. Ресурсы пресных подземных вод</i>	224
Естественные ресурсы подземных вод. А. П. Лавров	224
Эксплуатационные запасы подземных вод. М. Я. Цауне	232
<i>Глава V. Существующее и возможное использование подземных вод для целей водоснабжения.</i> Г. Г. Маляр	240
<i>Глава VI. Охрана подземных вод.</i> В. А. Кораблев, Ю. Г. Шкиль	284
<i>Глава VII. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых.</i> А. С. Кабанов	294
<i>Глава VIII. Минерализованные воды — источник промышленного сырья.</i> Л. К. Берзина	302
<i>Глава IX. Лечебные минеральные воды.</i> М. Ф. Козлов	316
<i>Глава X. Гидрогеология заболоченных территорий.</i> М. Я. Цауне, Г. Г. Маляр	338
<i>Глава XI. Инженерно-геологическая характеристика.</i> Н. И. Парфенова, Ю. С. Зубрицкий	348
Заключение. Г. В. Богомолов	386
Литература	389
Приложения. Гидрогеологическая карта четвертичных отложений территории БССР масштаба 1:1 000 000.	
Гидрогеологические разрезы и сводный стратиграфический разрез с данными о водоносных горизонтах к гидрогеологической карте четвертичных отложений территории БССР.	
Гидрогеологическая карта дочетвертичных отложений территории БССР масштаба 1:1 000 000.	
Гидрогеологические разрезы и сводный стратиграфический разрез с данными о водоносных горизонтах и комплексах к гидрогеологической карте дочетвертичных отложений территории БССР.	
Карта прогнозных эксплуатационных запасов пресных подземных вод территории БССР масштаба 1:1 000 000.	
Карта инженерно-геологического районирования территории БССР масштаба 1:1 000 000.	
Инженерно-геологические разрезы к карте инженерно-геологического районирования территории БССР.	

Редактор издательства *С. Г. Бароянц*

Техн. редактор *В. В. Романова*

Корректоры *Т. Я. Хомутова, Т. М. Столярова*

Подписано в печать 1/XII 1969 г.

Формат $70 \times 108^{1/16}$.

Печ. л. 25,5 с 2 вкл.+4 карт-7 л.

Усл. печ. л. 35,7 с 2 вкл.+7 карт 19,6 л.

Уч.-изд. л. 48,7

Тираж 100 экз.

Заказ № 04368

Издательство «Недра»

Ленинградская картфабрика ВАГТ