

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ТОМ  
XXXI

ЛАТВИЙСКАЯ ССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«НЕДРА»  
МОСКВА · 1967

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
■  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
*А. В. СИДОРЕНКО*

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



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» • МОСКВА 1967

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
■  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ (ВСЕГИНГЕО)

■  
УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ  
ЛАТВИЙСКОЙ ССР

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР

ТОМ  
XXXI

ЛАТВИЙСКАЯ ССР  
I ЧАСТЬ

РЕДАКТОР  
А. И. ДЗЕНС-ЛИТОВСКИЙ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ РЕДАКТОРА  
А. И. СКРАСТИНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» • МОСКВА 1967

# **ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

## **«ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР»**

АФАНАСЬЕВА Т П	МАККАВЕЕВ А А	СОКОЛОВ Д С
АХМЕДСАФИН У М	МАНЕВСКАЯ Г А	СИДОРЕНКО А В
БАБИНЕЦ А Е	ОБИДИН Н П	(главный редактор)
БУАНИДЗЕ И М	ОВЧИННИКОВ А М	ТОЛСТИХИН Н И
ДУХАНИНА В Н	ПЛОТНИКОВ Н И	(зам главного редактора)
ЕФИМОВ А И	ПОКРЫШЕВСКИЙ О И	ФОМИН В М
ЗАЙЦЕВ И К	ПОПОВ И В	(зам главного редактора)
КАЛМЫКОВ А Ф	ПОПОВ В Н	ЧАПОВСКИЙ Е Г
КУДЕЛИН Б И	РОГОВСКАЯ Н В	ЧУРИНОВ М В
КЕНЕСАРИН Н А	(зам главного редактора)	ЩЕГОЛЕВ Д И

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ XXXI ТОМА**

П Е ДЕНИСОВ	П М МИХАЙЛОВСКИЙ
А И ДЗЕНС-ЛИТОВСКИЙ	Р А ОЗОДА
(ответственный редактор)	А И СКРАСТИНА
Э Р ЛИНДЫНЯ	(зам ответственного редактора)

### **Гидрогеология СССР, Латвийская ССР, т XXXI**

В т XXXI впервые подведены итоги многолетних гидрогеологических и инженерно геологических исследований территории Латвии. В монографии освещаются естественно исторические и искусственные факторы определяющие формирование и распространение подземных вод на территории Латвии приводятся характеристика водоносных горизонтов и комплексов рассматриваются вопросы формирования и распространения пресных и минеральных вод дается схема гидрогеологического районирования Латвии оцениваются ресурсы пресных подземных вод и использование их в народном хозяйстве рассматриваются вопросы гидрогеологии месторождений полезных ископаемых заболоченных территорий охраны подземных вод и в специальной главе — инженерно геологические условия и принципы их районирования.

Материалы монографии могут использоваться при рассмотрении и решении вопросов промышленного городского и сельскохозяйственного водоснабжения разработки месторождений полезных ископаемых мелнораций заболоченных земель перспективного планирования по расширению санаториев и курортов различных инженерно геологических вопросов а также задач и проблем по дальнейшему изучению подземных вод.

Таблиц 27 иллюстраций 31 графических приложений 4 библиографий 159

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр
<b>Введение. А. И. Скрастина</b>	7
<b>Глава I. Основные естественно-исторические и искусственные факторы, определяющие распространение и формирование подземных вод. К. С. Алишаускас</b>	10
Физико-географические факторы	10
Орогидрография	10
Климат	17
Почвенно-растительный покров	20
Геологические факторы	20
Стратиграфия и литология	20
Кайнозой	21
Мезозой	23
Палеозой	24
Докембрий	29
Архей и протерозой	30
Тектоника	30
Искусственные факторы	34
<b>Глава II. Характеристика водоносных горизонтов, комплексов и водоупоров</b>	38
Гидрогеологическая стратификация Латвии А. И. Скрастина	38
Воды четвертичных отложений. К. В. Адамян и Л. Ф. Колоколов	38
Воды юрских отложений. А. В. Гаврилова	51
Воды пермских отложений. А. В. Гаврилова	51
Воды каменноугольных отложений. Г. Д. Трацевский	53
Воды девонских отложений	55
Фаменский водоносный комплекс. Р. А. Озола	55
Водоносные горизонты, комплексы и водоупоры карбонатной толщи франского яруса. Э. Р. Линдыня	62
Швентойско-таргуский водоносный комплекс. А. А. Фрейманис	76
Донарковский водоносный комплекс. А. А. Фрейманис	86
Воды нижнепалеозойских отложений. Г. Д. Трацевский	90
Пакерортско-тискреский водоносный горизонт нижнего ордовика и среднего кембрия	90
Нижнекембрийский водоносный комплекс	94
Вендский водоносный комплекс	95
<b>Глава III. Формирование подземных вод</b>	98
Гидродинамическая и гидрохимическая зональность. Г. Д. Трацевский	98
Режим подземных вод. П. Е. Денисов	103
Подземный сток. И. Л. Дзилна и В. Я. Стапренс	113
Естественные ресурсы пресных подземных вод. И. Л. Дзилна и В. Я. Стапренс	121
Формирование подземных вод. П. Е. Денисов и А. И. Скрастина	129
Гидрогеологическое районирование. М. Г. Лавринович	136

---

<b>Глава IV. Подземные воды в народном хозяйстве</b>	142
Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. <i>К. К. Скрастин и А. И. Скрастина</i>	142
Гидрогеология заболоченных территорий (гидрогеолого-мелиоративное районирование). <i>В. В. Крор</i>	147
Минеральные воды и грязи. <i>П. М. Михайловский</i>	151
Минеральные воды	151
Лечебные грязи	154
Курорт Кемери	157
Курорт Балдоие	163
Формирование сероводородных вод	165
Перспективы развития курортов	167
Охрана подземных вод. <i>Г. Э. Делинши и П. М. Михайловский</i>	168
<b>Глава V. Инженерно-геологические условия. <i>И. Л. Дзилна и А. Я. Зобоне</i></b>	173
Принципы инженерно-геологического районирования	173
Характеристика инженерно-геологических регионов и областей	174
<b>Заключение. <i>А. И. Скрастина</i></b>	191
<b>Литература</b>	195
<b>Приложения. Карта и разрезы</b>	

## ВВЕДЕНИЕ

Латвийская ССР расположена на западе Европейской части СССР и занимает площадь 63,7 тыс. км<sup>2</sup>. С запада территория Латвии ограничена Балтийским морем, с севера — Рижским заливом и Эстонской ССР, на востоке граничит с РСФСР, на юге — с Белорусской ССР и Литовской ССР (рис. 1).

Повседневное возрастающее строительство в городах, сельских и курортных районах Латвии соответственно увеличивает потребление пресных, минеральных и технических подземных вод, возрастает также и сброс промышленных стоков. В городах Риге, Лиенае и Даугавпилсе уже в настоящее время не хватает пресных подземных вод для населения и промышленности. Интенсивная эксплуатация вод швентойско-тартуского водоносного комплекса вызвала почти угрожающее развитие депрессионной воронки на территории г. Риги. Развитие депрессионной воронки в г. Лиенае привело к снижению уровня напорных вод в капседско-жагарских слоях фаменского водоносного комплекса и ухудшению качества их вследствие подсоса морских вод.

Все это привело к необходимости повышения объемов гидрогеологических разведочных работ по выявлению ресурсов подземных вод в республике и принятия решительных мер борьбы против их загрязнения.

Для более успешного и целенаправленного выполнения гидрогеологических исследований в Латвийской ССР назрела также необходимость обобщения и анализа работ, проведенных за последнее десятилетие.

Перед авторами стояла задача на имеющемся фактическом материале показать закономерности формирования подземных вод указанной территории и дать в какой-то степени приближенную практическую оценку их ресурсов.

Распространение и формирование подземных вод на какой-то определенной территории зависит от ряда факторов: физико-географических, геологических, гидрогеологических и искусственных. Эти факторы при составлении тома монографии «Гидрогеология СССР — Латвийская ССР» отражены в соответствующих очерках. Все очерки монографии составлялись в соответствии с указаниями и методическими руководствами ВСЕГИНГЕО и сводными легендами Прибалтийской серии листов.

Монография «Гидрогеология СССР — Латвийская ССР» представляет собой сводку результатов многолетних гидрогеологических исследований на территории Латвии, которые выполнялись в процессе разведочных работ на подземные воды и нерудные полезные ископаемые,





а также материалов геологических, гидрогеологических и геофизических съемок, глубокого структурного бурения на нефть и газ и инженерно-геологических изысканий.

Фактический материал, использованный для составления тома, был накоплен в результате работы геологов и гидрогеологов Управления геологии при Совете Министров Латвийской ССР, Института геологии г. Риги, Министерства геологии СССР, проектных институтов Латвийской ССР: «Латгипрогорстрой», «Латсельстрой», «Латгипроводхоз», «Латгипропром» и др.

В составлении монографии принял участие большой коллектив авторов: Управления геологии при Совете Министров Латвийской ССР, Института геологии г. Риги, Министерства геологии СССР и «Латгипроводхоз». Многие авторы лично участвовали в геологическом и гидрогеологическом изучении территории Латвии и являются специалистами по вопросам, изложенным в очерках. Авторы старались по возможности использовать и обобщить все материалы по состоянию на начало 1964 г.

Существенная помощь при составлении отдельных глав и очерков оказывалась Отделом по составлению томов «Гидрогеология СССР» ВСЕГИНГЕО.

Авторский и редакторский коллектив приносит большую благодарность Н. В. Роговской, Г. А. Маневской, В. И. Владимирскому, В. С. Ковалевскому, И. М. Цыпиной и Л. А. Яроцкому за методическое руководство при составлении статей и подготовке рукописи к изданию, а также Е. В. Матловой, Г. С. Гарелик, В. В. Юшкевич за дружеские указания и советы в процессе работы.

## Глава I

# ОСНОВНЫЕ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Основными факторами, влияющими на формирование и распространение подземных вод, являются: физико-географические (орогидрография, климат и почвенно-растительный покров), геологические (стратиграфия и литология, геоструктурные особенности, гидрогеологические условия) и искусственные (влияние человека на естественный режим подземных вод).

## ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

### ОРОГИДРОГРАФИЯ

Территория Латвийской ССР представляет собой равнину, на которой островами поднимаются холмистые возвышенности, высотой обычно не более 150—270 м над уровнем моря (рис. 2). Лишь отдельные холмы достигают 290—312 м. Гипсометрической границей между низменностями и возвышенностями, учитывая условия Латвии, служит (за некоторыми исключениями) не общепринятая горизонталь 200 м, а 120 м, так как с этой отметки начинается большинство возвышенностей.

Ниже абс. отм. 120 м находится 74% всей территории Латвии, выше — 26%, включая 2,5% территории, расположенной выше отметки 290 м. Средняя высота поверхности республики 87,2 м.

Доледниковый рельеф поверхности дочетвертичных пород в значительной мере отражается в современном рельефе и является его основой, покрытой неравномерной толщей ледниковых, поздне- и послеледниковых, а также современных отложений. Последние в рельефе образуют различные формы, отличающиеся по генезису и возрасту (рис. 3).

Подробная геоморфологическая характеристика территории Латвии приведена в томе XXXVIII Геологии СССР, Латвийская ССР, издания 1960 г., поэтому в настоящей главе дается лишь классификация геоморфологических единиц, развитых в республике и играющих существенную роль в формировании подземных вод.

По А. Яунпутниньшу (1961), на территории республики выделяются геоморфологические районы: Западно-, Средне-, Северо- и Восточно-Латвийских низменностей и Западно-, Средне- и Восточно-Латвийских возвышенностей, которые подразделяются на подрайоны (рис. 4). Номер геоморфологического подрайона в тексте соответствует номеру на схематической карте геоморфологического районирования.

Западно-Латвийская низменность охватывает главным образом побережье Балтийского моря. В ее состав входят Приморская низмен-



Рис. 2. Гидрометрическая карта Латвийской ССР.

Высота над уровнем моря в м

1 — 0-50; 2 — 50-100; 3 — 100-150; 4 — 150-200; 5 — 200-250; 6 — более 250

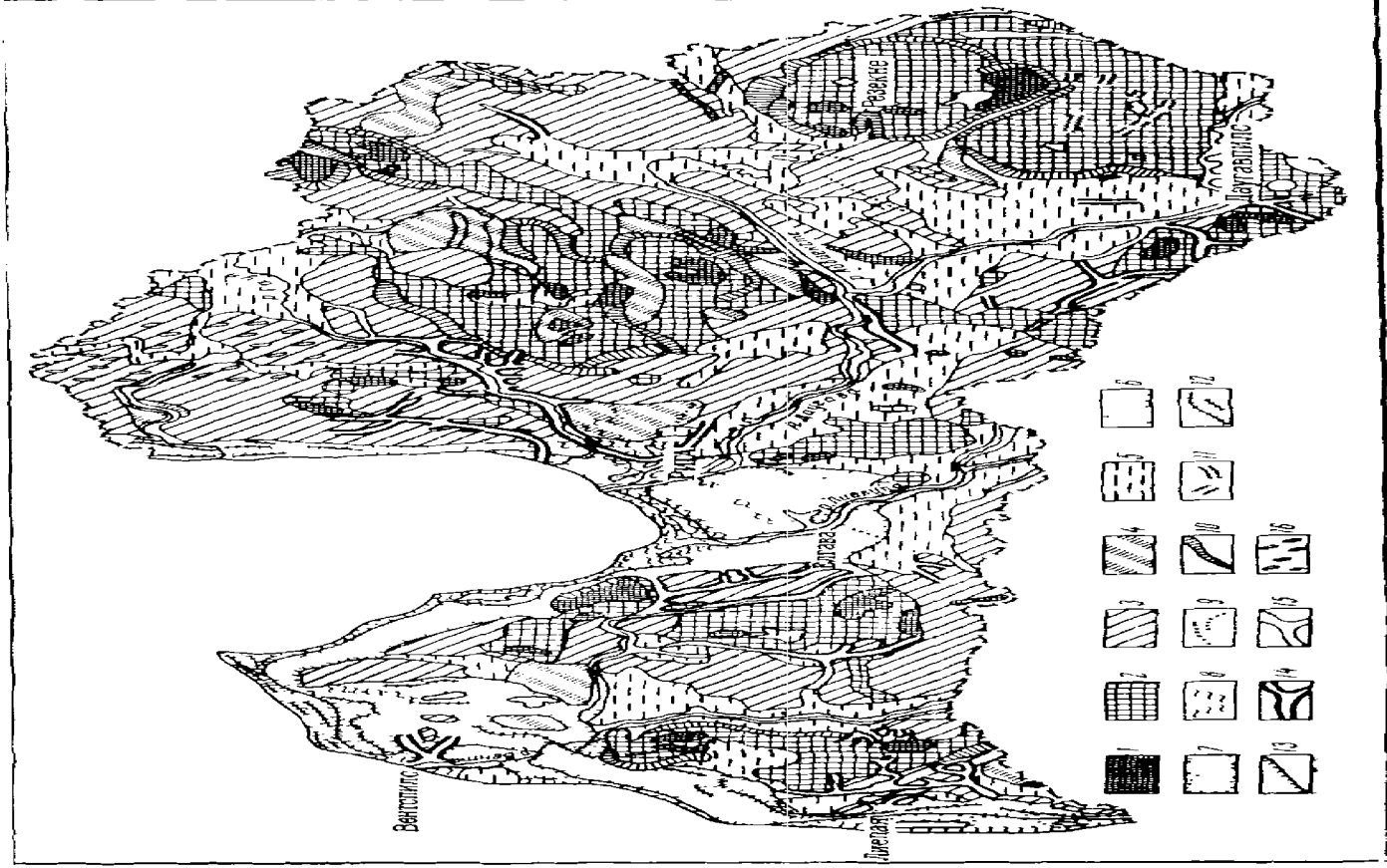


Рис. 3 Геоморфическая карта Латвийской ССР (по А. И. Яунпелньшу, 1961)

1 — моренный и водохранилищный (песчаный) рельеф, 2 — моренный и водохранилищный холмистый рельеф, 3 — песчаный рельеф озерной морены, 4 — флювиогляциальные аккумулятивные равнины, 5 — флювиогляциальные аккумулятивные равнины, 6 — аккумулятивно-абразионная равнина Балтийского моря, 7 — аккумулятивно-абразионная равнина Балтийского моря, 8 — аккумулятивно-абразионная равнина Балтийского моря, 9 — озы, 10 — аккумулятивные озы, 11 — аккумулятивные озы, 12 — аккумулятивные озы, 13 — аккумулятивные озы, 14 — аккумулятивные озы, 15 — аккумулятивные озы, 16 — аккумулятивные озы.



ность (1), Вентско-Усминская впадина (2) и Южно-Курземская низменность (3).

Западно-Латвийская возвышенность занимает большую часть Западной Латвии и разделяется на Западно-Курземскую (4) и Восточно-Курземскую (5) возвышенности, Тукумско-Талсинские холмы (6) и Дундагское поднятие (7). Последние (6, 7) иногда в литературе носят название Северо-Курземской возвышенности.

Средне-Латвийская низменность расположена на обширной площади к югу от Рижского залива. В ее состав входят: Земгальская равнина (9), Рижская песчаная равнина (8) и Средне-Латвийская покатость (10).

Северо-Латвийская низменность находится в северо-восточной части Латвии; она состоит из трех геоморфологических подрайонов: Видземского побережья Приморской низменности (11), Средне-Гауйской низменности (12) и Северо-Видземского поднятия (13).

Средне-Латвийская возвышенность объединяет Восточно-Видземскую (14) и Централно-Видземскую (16) возвышенности, Гулбенский (15) и Селийский (17) валы.

Восточно-Латвийская низменность самая большая в республике. На ее площади выделяются подрайоны: Средне-Даугавская (19) и Лубанская (20) лимногляциальные аккумулятивные равнины, Акнистское (18), Вилянско-Крустпилское (21) и Северо-Латгальское (22) поднятия, представленные в основном пологохолмистой равниной донной морены.

Восточно-Латвийская возвышенность является продолжением обширной Балтийской моренной гряды. В ее состав входят Латгальская (23) и Аугшземская (24) возвышенности.

На восточной окраине Латвии выделяются два геоморфологических подрайона, входящие в состав геоморфологических районов соседних республик. Рельеф их пологохолмистый, отличается только по генезису и характеру четвертичных отложений. Это Вилянско-Зилупский скат (25), который является западной окраиной Великорецкой низменности, и северные окраины Полоцкой низменности (26).

Протяженность побережья Балтийского моря 494 км. Берега его низменные, с широкими песчаными пляжами и довольно частыми мелями. Наибольшая глубина моря у берегов Латвии 63 м. Соленость воды в открытом море 6—8‰, в Рижском заливе 5—6‰; минерализация соответственно 6,5 г/л (у г. Лиепая) и 5,4 г/л.

В году 35—40 дней со штормами, особенно часты штормы весной и осенью. Штормы и сгонно-нагонные явления сказываются и на гидрологическом режиме рек Лиелупе, Даугавы и Венты. Высота подпоров в приустьевых частях этих рек 1,0—2,5 м и влияние их распространяется до 25 км, а в р. Лиелупе до 92 км от устья.

Влияние Балтийского моря и Рижского залива на формирование и естественный режим подземных вод республики огромно. К Балтийскому морю устремлен поток подземных вод зоны интенсивного водообмена; кроме того, депрессия Балтийского моря является основной областью разгрузки артезианских вод глубоких водоносных горизонтов.

В Латвийской ССР хорошо развита речная сеть, довольно равномерно покрывающая и дренирующая территорию. Реки относятся к типу равнинных. Долины их обычно неглубокие. Глубоко врезанные участки с крутыми берегами встречаются лишь там, где реки пересекают отроги возвышенностей или используют древние долины, например р. Гауя на участке от г. Валмиера до пос. Инчукалнс (глубина вреза до 80—100 м), р. Даугава между г. Плявиняс и пос. Кокнесе (глубина до 35 м) и др.

Общее число рек и ручьев превышает 10 тыс., 12 из них имеют длину более 100 км (основные сведения по главным рекам приведены в табл. 1). Гидрографическая сеть делится на бассейны рек Даугавы, Лиелупе, Венты, Гауи, Салацы, Великой, малых рек Балтийского моря (с бассейном р. Барты) и малых рек Рижского залива. Площадь бассейнов 13 самых крупных рек более 2000 км<sup>2</sup>, 213 рек имеют бассейны более 100 км<sup>2</sup>.

Таблица 1

## Основные сведения по главным рекам Латвийской ССР

Река	Истоки	Куда впадает	Длина реки, км		Главнейшие притоки на территории Латвийской ССР и их длина, км
			общая	на территории Латвийской ССР	
Даугава	Валдайская возвышенность, оз. Двинец	В Рижский залив	1020	367	Огре, 177 Айвиесте, 117 Дубна, 113
Лиелупе	Слияние рек Мемеле и Муса у г. Бауска	"	119	119	Мемеле, 162 Муса, 160 Иецава, 140 Свете, 119
Вента	Жемайтйская возвышенность (Литовская ССР)	В Балтийское море	342	178	Абава, 129 Вадакте, 83 Циепере, 51
Гауя	Центрально-Видземская возвышенность	В Рижский залив	456	456	Тирза, 78 Амата, 63 Брасла, 62
Салаца	Оз. Буртниеки	"	97	97	Светупе
Барта	Северо-западный склон Жемайтйской возвышенности	Оз. Лиепаяс	93	44	Вартава, 68

Реки характеризуются смешанным типом питания с преобладанием снегового (около 50%) и повышенным подземным стоком (до 36%). Повышенное подземное питание рек объясняется тем, что большинство из них почти на всем протяжении вскрывают дочетвертичные отложения (главным образом девона и перми) и наряду с грунтовыми водами усиленно дренируют напорные воды, заключенные в этих отложениях. К рекам такого типа прежде всего относятся Даугава и Гауя (с притоками), в меньшей степени Салаца, Вента и др.

Гидрологический режим рек в значительной мере сходный. Для них характерны ярко выраженные весенние паводки и сильные снижения уровня к концу лета — в начале осени и зимой. Вскрываются реки обычно во второй половине марта — начале апреля, летняя межень наступает в конце мая — начале июня и продолжается до конца сентября. Замерзают они во второй половине декабря. Воды весеннего половодья во многих реках затопляют значительные площади. Прежде всего это относится к рекам Земгальской равнины, например в низовьях р. Лиелупе разливы достигают ширины 4 км. Летняя и зимняя межени часто нарушаются резкими подъемами уровней, обусловленными продолжительным выпадением осадков или оттепелями.



Среднегодовой (многолетний) речной сток в республике превышает треть (37%) от выпадающих осадков [Пасторс, 1962]. Объем годового стока с территории Латвии составляет: для среднего многоводного года 16,8 км<sup>3</sup>, а для среднего маловодного года 8,6 км<sup>3</sup>. Среднегодовой модуль стока 8—12 л/сек с 1 км<sup>2</sup> на возвышенностях и 5—7 л/сек с 1 км<sup>2</sup> на низменностях. Наименьший модуль стока приходится на южную окраину Земгальской и Лубанской равнин (соответственно 4 и 5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>).

На территории Латвии около 5000 озер, наиболее крупные из них Резнас, Энгуре, Усмас, Буртниеки и Лиепаяс, а наиболее глубокое Дридзас (максимальная глубина 65 м). Общая водная поверхность всех озер 1091 км<sup>2</sup>, в том числе 11 озер площадью более 15 км<sup>2</sup> занимают 331 км<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2

## Основные сведения о крупных озерах Латвийской ССР

Озеро	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Площадь озера, км <sup>2</sup>	Глубина, м		Объем воды, млн. м <sup>3</sup>	Абсолютная отметка уровня воды, м (среднегодовая многолетняя)	Годовая амплитуда колебания, м (среднегодовая)
			средняя	максимальная			
Резнас . . . . .	234	53,50	7,10	17,0	405,00	163,20*	0,5—0,7*
Усмас . . . . .	400	38,90	5,41	27,0	210,42	20,66	0,62
Буртниеки . . . . .	2220	38,36	2,18	3,3	83,68	39,50	2,37
Лиепаяс** . . . . .	2580	37,16	0,5	3,0	18,60	—0,07	1,16
Энгуре** . . . . .	643	35,40	0,80	2,5	28,30	0,30*	0,5—0,6*
Лубана . . . . .	2780	28,40	0,5	1,5	14,20	91,04*	3,42*
Бабитес . . . . .	92	26,10	0,90	6,1	23,50	0,13*	1,69*
Рушону . . . . .	266	23,14	2,88	29,9	70,30	149,3	0,54*
Кишэзерс** . . . . .	1814	17,38	2,35	5,0	40,81	0,03	1,70
Сивер . . . . .	67	16,92	6,31	24,5	106,81	159,30	0,5—0,8*
Алукнес . . . . .	24	15,81	6,70	15,2	106,05	183,30	0,34*

\* Данные единичных или непродолжительных наблюдений.

\*\* Озеро находится в зоне влияния сгонно-нагонных явлений.

Почти все озера Латвии ледникового происхождения. Исключение составляют приморские озера, являющиеся реликтовыми (Усмас, Попе, Лиепаяс, Энгуре и др.) и запрудными (Бабитес, Кишэзерс, Югла и др.). Большинство из них имеют связь с морем и находятся под влиянием сгонно-нагонных явлений.

Характерной особенностью ландшафта республики является обилие болот. Общая площадь болот составляет примерно 4000 км<sup>2</sup>, или 6,2% территории. Расположены они преимущественно на низменностях и на Латгальской возвышенности. Особенно много болот в районах, прилегающих к оз. Лубана, и в нижнем течении р. Айвиексте (общая площадь 350 км<sup>2</sup>). Крупные болотные массивы (площадью 50—90 км<sup>2</sup>) находятся также в междуречьях Даугавы и Лиелупе (болота Олайне, Тирели), Салацы и Гауи (болото Седас).

Подавляющая часть болот (73%) относится к верховым. Низинные болота, составляющие 18% от всех болот республики, встречаются главным образом вокруг зарастающих озер, в ложбинах и в притеррасовых частях пойм. Средняя глубина верховых болот 3—8 м, низинных 2—5 м.

Поверхностные воды Латвии характеризуются однообразием химического состава и небольшим интервалом изменения степени минерали-

зации Воды большинства поверхностных водоемов пресные гидрокарбонатно-кальциево-магниевого. Среднее содержание ионов  $\text{HCO}_3^-$  в них 37—43%-экв, сульфатов 3—8%-экв, хлоридов 2—4%-экв. Среди катионов преобладают ионы  $\text{Ca}^{2+}$  (30—35%-экв) и  $\text{Mg}^{2+}$  (10—15%-экв).

Минерализация поверхностных вод в среднем колеблется от 0,15 до 0,5 г/л, жесткость — от 5—6 до 9 мг-экв. Наименьшая минерализация (соответственно и жесткость) в половодье, наибольшая — в зимнюю межень. Значительное влияние на степень минерализации и ионный состав оказывает наличие в бассейне водоема карбонатных и гипсоносных пород. С выщелачиванием гипсоносных отложений подземными водами, поступающими затем в поверхностные водоемы, связано замещение гидрокарбонатно-кальциево-магниевого вод сульфатными ( $\text{SO}_4^{2-}$  —  $\text{Ca}^{2+}$  —  $\text{Mg}^{2+}$ ). Характерным примером этого является изменение химического состава вод р. Мусы от типично гидрокарбонатных (весной и осенью) до сульфатных (летом и зимой). Минерализация воды в реке при этом возрастает от 0,3—0,5 до 1,0—1,1 г/л.

В низовьях крупных рек Латвии, а также в приморских озерах, связанных с морем, под влиянием сгонно-нагонных явлений временно возрастает минерализация и изменяется солевой состав. Минерализация воды здесь при нагонах превышает 1 г/л (до 5,9 г/л), а химический состав ее приближается к составу морской воды. Преобладают ионы  $\text{Cl}^-$  (до 41—42%-экв) и  $\text{Na}^+$  (до 35%-экв). Изменения же минерализации и солевого состава речных вод под воздействием сточных вод городов незначительные, и зона влияния последних обычно не превышает 2—3 км вниз по течению реки [Матисоне, 1963].

### КЛИМАТ

Климат Латвийской ССР переходный от морского к континентальному с частой сменой воздушных масс. С вхождением морского воздуха умеренных широт, а также арктического и субтропического характера господствующая здесь циклоническая деятельность, под воздействием которой республика находится 190—200 дней в году. Изредка захватывающее Латвию антициклонное состояние атмосферы связано в основном с вхождением континентальных воздушных масс с Европейской части СССР и процессами радиации [Темникова, 1958].

Средние температуры в республике выше средних широтных годовые на  $5^\circ$ , летние на  $3^\circ$  и зимние на  $8^\circ$ . Средняя годовая температура в западной части республики  $+6^\circ\text{C}$ , в восточной  $+5^\circ\text{C}$ . Наиболее холодный месяц на побережье Балтики февраль, со средней температурой  $-2,5$ — $-3,5^\circ$ , а в западных и восточных районах — январь, со средней температурой от  $-3$  до  $-7^\circ$ .

Среднегодовое (многолетнее) количество атмосферных осадков в Латвии составляет 635 мм (с поправкой ГГИ 700—710 мм). Наименьшее количество осадков выпадает на Лубанской равнине (450—550 мм в год<sup>\*</sup>), а также на морском побережье и на Земгальской равнине (550—650 мм). По мере удаления от морского побережья вследствие влияния возвышенностей количество осадков возрастает. Наибольшее количество осадков выпадает на западных и юго-западных склонах Западно-Курземской и Центрально-Видземской возвышенностей, а также на Северо-Видземском поднятии, соответственно 700—740 и 800 мм в год (рис. 5).

\* Значения количества осадков из-за отсутствия опубликованных данных приводятся без поправки ГГИ, по которой количество осадков увеличивается примерно на 8—9%.



Рис. 5 Среднегодовое количество осадков на территории Латвийской ССР (по А. А. Пастору, 1961).  
 1 - осредн. по месяцам; 2 - осредн. по годам (без января-марта)

В холодный период (ноябрь—март) выпадает от 150 до 230 мм осадков. Остальное количество осадков (70%) приходится на теплое время года. Максимум осадков выпадает в июле—августе (60—110 мм).

Число дней с осадками велико: на побережье 170—180, в восточных районах 190—200, а на Центрально-Видземской возвышенности превышает 200. Преобладающий вид осадков—обложные дожди (90—110 дней в году). Снег выпадает в течение 40 дней на морском побережье и 60—70 дней на Видземских и Латгальских возвышенностях.

Снежный покров обычно появляется в конце ноября—начале декабря. Устойчивый снежный покров держится с середины декабря до середины марта (в среднем 70—100 дней, максимум 120—170 дней). Но в отдельные теплые зимы в результате частых и интенсивных оттепелей устойчивый снежный покров в ряде районов Западной Латвии вообще отсутствует.

Средняя максимальная высота снежного покрова 15—20 см на морском побережье, 20—30 см в западной и центральной частях и 30—50 см на возвышенностях в восточной части республики. Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в середине марта, а через 10—20 дней снежный покров окончательно сходит.

Исследования химического состава атмосферных осадков на территории республики проводит Государственный гидрологический институт, однако данные до настоящего времени не опубликованы. Для общей характеристики химизма атмосферных осадков можно привести лишь единичные (наиболее достоверные) определения химического состава дождевой воды, полученные попутно [Варфоломеева, 1963] при исследованиях для других назначений (табл. 3).

Дождевая вода гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типа с минерализацией 23—24 г/л. Общая жесткость 3,6—4,7 мг-экв.

Избыточное увлажнение Латвии определяет повышенную влажность воздуха в течение всего года. Относительная влажность воздуха на побережье в дневное летнее время составляет 70—75%, во внутренних районах она варьирует в пределах 55—70% летом и 85—90% зимой. Число дней с относительной влажностью (в дневные часы) более 80% за год 150—190. Сухие дни (относительная влажность 30%) практически отсутствуют.

Таблица 3

Химический состав атмосферных осадков

Место взятия пробы	Характер осадков	Время отбора	Сухой остаток, мг/л	рН	Ионный состав, мг/л							
					Na+K	Ca	Mg	Fe <sup>++</sup> +Fe <sup>+++</sup>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
Огрский район, населенный пункт Платере . . . . .	Моросящий дождь	VIII 1962 г.	23,5	6,8	0,8	5,1	2,3	0,1	23,4	2,4	1,2	0,1
Огрский район, хутор Яункалвектери . . . . .	Ливневой дождь	То же	34,1	7,2	1,1	7,9	2,6	0,1	26,3	2,8	6,6	0,35

### ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Почвы. На территории Латвии встречается несколько разновидностей подзолистых почв.

Собственно подзолистые почвы распространены незначительно (7,5% территории) лишь под хвойными лесами. Преобладают дерново-подзолистые почвы, занимающие 58% территории.

Дерново-слабоподзолистые почвы (с малоразвитым подзолистым элювиальным горизонтом) занимают значительную часть территории (20%), распространены они на Видземских возвышенностях, на Средне- и Северо-Латвийской низменностях.

Дерново-среднеподзолистые почвы занимают около 25,5% территории Латвии и являются преобладающими.

Дерново-сильноподзолистые почвы, сильно выщелоченные, с хорошо развитым подзолистым горизонтом, занимают около 12,5% территории, распространены в Приморской низменности, в верховьях рек Гауи, Педдезе и др.

На карбонатных породах дочетвертичных отложений и главным образом на глинистых материнских породах, богатых карбонатами, развиты самые плодородные в Латвии дерново-карбонатные почвы. Они занимают около 5% территории и распространены в основном на Земгальской равнине.

Широко распространены также почвенные разновидности болотного типа (около 12% территории).

Растительность Латвийской ССР относится к зоне смешанных широколиственно-темнохвойных лесов. Леса занимают около 22 000 км<sup>2</sup> (или 34% всей территории). Наиболее крупные лесные массивы находятся на Курземском полуострове на северо-востоке Латвии и на левобережье р. Даугавы.

На долю хвойных приходится около 70% площади (сосна 53% и ель 16,7%). Среди лиственных пород преобладают мелколиственные, занимающие 28% покрытой лесом площади (береза 22%, ольха и осина 8%).

Луговая растительность занимает около 17% земельного фонда республики (11 000 км<sup>2</sup>). Около 65% лугов избыточно увлажнены, 33% заболочены. Значительно (около 6% территории) развита болотная растительность, главным образом верховых болот. Наибольшая же площадь занята под культурной растительностью (около 24 000 км<sup>2</sup>).

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Территория Латвийской ССР, расположенная в северо-западной части Русской платформы, представляет собой типичную платформенную область с сильно дислоцированным кристаллическим фундаментом, перекрытым мощной толщей осадочных пород. В геологическом строении осадочной толщи принимают участие отложения кайнозоя (только четвертичная система), мезозоя и палеозоя.

### СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ

Стратиграфическое расчленение отложений и их литологическое описание приводится в соответствии со сводными легендами Прибалтийской серии листов, принятых для Государственной геологической карты НРС ВСЕГЕИ в 1962 г. и гидрогеологической карты ГРС ВСЕГИНГЕО в 1964 г.

## КАЙНОЗОИ

### Четвертичная система

Четвертичные отложения повсеместно распространены на территории Латвии, характеризуются фациальной изменчивостью, пестротой литологического состава, разнообразием условий залегания. Мощность их непостоянна и колеблется от 0,5 до 170 м, обычно 10—15 м, в отдельных районах свыше 300 м (312 м у г. Акнисте). Максимальная мощность четвертичных отложений установлена в древних погребенных долинах.

В разрезе четвертичного покрова Латвии выделяются современные (голоцен) и ледниковые (плейстоцен) отложения.

Современные отложения. Вопрос о границе между современными и ледниковыми отложениями на территории Латвии является дискуссионным вследствие неполной определенности стратиграфического положения позднеледниковых образований.

Современные отложения (голоцен) приурочены главным образом к пониженным участкам рельефа (см. рис. 3). Представлены они осадками локальных приледниковых бассейнов и бассейнов различных стадий Балтийского моря (современного и литоринового моря, анцилового и балтийского ледниковых озер), распространенными широкой полосой (10—60 км) вдоль современного берега моря, а также спорадически развитыми (за исключением почв) континентальными осадками (озерными, болотными, аллювиальными, эоловыми и др.). Состав этих отложений очень пестрый, особенно континентальных: безвалунные глины и супеси, торф, сапропель, пресноводная известь, пески, гравий, галька и т. д. В морских и озерных отложениях преобладают пески, подстилаемые ленточными глинами и безвалунными супесями. Мощность современных отложений очень изменчива и в среднем колеблется от 3—5 до 15 м.

Ледниковые (плейстоцен) отложения на территории Латвии образуют почти сплошной покров различной мощности, увеличивающейся до 100, иногда до 300 м на участках древних эрозионных врезов и погребенных долин.

На современной стадии изученности ледниковых отложений в Прибалтике, в том числе и для территории Латвии, выделены три ледниковых комплекса: вюрм, рисс, миндель (табл. 4).

Вюрмские отложения широко развиты на территории Латвии. Представлены преимущественно красно-бурыми, бурыми и темно-серовато-бурыми суглинками и супесями с прослоями и линзами песчано-гравийного материала или глин. Значительное место в разрезе занимают также водно-ледниковые (флювио- и лимногляциальные) образования, слагающие разнообразные формы рельефа (см. рис. 3). Мощность вюрмских отложений колеблется от нескольких метров до 90 м (Центрально-Видземская возвышенность).

Мяркинский горизонт достоверно установлен на северо-восточной окраине Латгальской возвышенности (восточнее г. Лудза), а также на юге Латвии в разрезе у г. Субате.

Отложения рисского комплекса на территории Латвии имеют значительное распространение. Прослеживаются они в западных и юго-западных, а также и в восточных районах, где в основном залегают под отложениями вюрмского оледенения. Представлены моренными суглинками и супесями от синевато-серого (на западе) до буро-красного (центральная часть) цвета, а также песчано-глинистыми (песчано-гравийными) водно-ледниковыми образованиями, мощность и положение



которых в разрезе предельно изменчивы как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях. Общая мощность отложений рисского комплекса колеблется от нескольких метров до 60 м.

Отложения лихвинского межледникового горизонта выделены на юго-западе и юго-востоке республики в разрезе Пулверниеки, а также Деселес Лейниеки, Краслава и в других менее достоверно палеоботанически охарактеризованных разрезах. Представлены они глинами, глинистыми песками и алевролитами с прослоями торфа и сапропелей. Общая мощность отложений 2,4—8 м.

Миндельский комплекс развит в юго-западных (особенно в бассейне р. Летижа) и частично в юго-восточных районах республики, сложен бурыми и буро-серыми суглинками и супесями с большим количеством грубообломочного материала, преимущественно осадочного происхождения, и включениями подстилающих дочетвертичных пород. На отдельных участках значительное место в разрезе комплекса занимают водноледниковые отложения (гравий, гравелистые и разнозернистые пески), залегающие как под гляцигенными образованиями и внутри них, так и над ними. Мощность комплекса достигает 47 м (в среднем 10—15 м на юго-западе). Миндельский комплекс на территории республики не расчленяется, за исключением отдельных участков, где можно выделить тургяляйский и дзукийский горизонты.

Тургяляйский межледниковый горизонт условно выделен лишь в жидинском разрезе на глубине 106 м. Кровля его вскрыта на отметке 6 м. Сложен он песчаниками, сапропелями, глинами, алевролитами. Общая мощность горизонта более 27 м.

Дзукийский моренный горизонт условно выделен тоже лишь в жидинском разрезе (древняя долина р. Даугавы, западнее г. Краслава). Предполагается, что отложения этого горизонта имеются и на других участках древних глубоких долин в юго-восточной части Латвии. Представлен он маломощным (0,5 м) слоем серого моренного суглинка, залегающего на среднедевонских песчаниках (тартуский горизонт) и перекрытого отложениями тургяляйского межледникового.

## МЕЗОЗОИ

### Юрская система

На территории Латвийской ССР мезозойская группа начинается отложениями юрской системы. Развиты они в юго-западной части Латвии на отдельных сравнительно небольших участках, а также наблюдаются в виде отторженцев и останцов.

Юрские образования Латвии прослеживаются южнее городов Паланга — Тельшяй, а также на локальных участках в северо-западной части Литвы. Они залегают со стратиграфическим несогласием на отложениях триаса, перми и каменноугольных и перекрываются четвертичными образованиями. По берегам р. Венты (южнее пос. Нигранде) и ее притоков Зани, Лосы, Мтыжи и Вадакте наблюдаются выходы юрских пород.

Юрская система в Латвии представлена прибрежно-континентальными и морскими осадками, ранее относимыми к келловейскому ярусу. В последнее время на основании фаунистического анализа материалов немногочисленных разрезов часть отложений келловей отнесена к батскому и оксфордскому ярусам [Севельев, 1961—1963 гг.].

Разрез юрских отложений начинается морскими образованиями (нижний оксфорд, верхний и средний келловей) мощностью 6—15 м,



состоящими из песков, рыхлых песчаников и глин с прослоями известняков. Залегающая ниже прибрежно-континентальная толща общей мощностью 7,5—18 м относится к нижнему келловее (папильская свита) и батскому ярусу. Сложена она сероватыми, тонко- и мелкозернистыми кварцевыми песками, слабосцементированными песчаниками и темно-серыми глинами, иногда в песках встречаются маломощные (до 2,5 м) прослой и линзы бурых углей. Общая мощность юрских отложений колеблется от 9 до 25 м.

### Триасовая система

Площадь распространения триасовых отложений на территории Латвийской ССР незначительна. Эти отложения встречаются в виде отдельных участков в юго-западной части республики, где трансгрессивно залегают на размытой поверхности карбонатных отложений перми (на глубине 15—85 м). Перекрываются они верхнеюрскими и четвертичными отложениями.

Триасовая система на территории Латвии представлена отложениями прибрежно-континентальных фаций: красно-бурыми, зеленоватыми, пестрыми глинами и мергелями с маломощными прослоями (0,01—0,4 м) алевролитов и мелкозернистых песчаников. Общая мощность толщи от 5 до 85 м. На основании анализа фаунистического материала эти отложения относятся к ветлужскому ярусу нижнего триаса [Лиепиньш, 1946].

### ПАЛЕОЗОИ

Отложения палеозойской группы на территории Латвии имеют наиболее широкое распространение и отличаются полнотой разреза. Залегают они на складчатом основании фундамента и перекрываются преимущественно четвертичными породами, за исключением небольшой площади в юго-западной части республики, где развиты отложения мезозоя. Общая мощность отложений палеозоя колеблется примерно от 400—500 до 1400—1500 м, причем увеличение мощности происходит в западном и юго-западном направлениях.

### Пермская система

Верхнепермские отложения развиты в юго-западной части Латвии на сравнительно небольшой площади, где трансгрессивно залегают на нижнекаменноугольных породах. У северных границ своего распространения (Салдусский район) они сильно эродированы и прослеживаются только в виде отдельных останцов. Перекрывают пермские отложения в западной и южной частях территории триасовыми и юрскими осадками, а на остальной части — четвертичными образованиями мощностью от 0,5 м до нескольких десятков метров. Глубина залегания кровли от 0,5 м до нескольких метров в северной части распространения, в юго-западной части она достигает 110—150 м.

Многочисленные естественные обнажения пермских пород наблюдаются по берегу оз. Циецере и берегам Венты, Циецере и других рек. Пермские отложения обычно представлены слоистыми известняками и известковыми мергелями, западнее, в районе населенного пункта Пап-лака, — доломитами. Обычно карбонатная пачка разбита горизонталь-

ными и вертикальными трещинами, последние сильно развиты в верхней части разреза. Закарстованность пермских известняков примерно 5%. Общая мощность пермских отложений колеблется от 0,5 до 35 м, увеличиваясь в южном и юго-западном направлениях.

По генезису пермские отложения Латвии сопоставляются с отложениями неглубокого Казанского моря верхней перми восточной части Русской платформы.

### Каменноугольная система

Каменноугольные отложения, развитые в юго-западной части Латвии, относятся к турнейскому ярусу и представлены пачкой переслаивающихся прибрежно-континентальных отложений: песчаников, алевролитов, глин и карбонатных пород общей мощностью от 5—10 до 140 м. Северная граница их развития проходит примерно по линии Лиепая — Ремте — Жагаре, откуда, погружаясь в юго-западном направлении, каменноугольные отложения уходят на юг за пределы республики. Глубина залегания кровли колеблется от нескольких метров до 107 м. Перекрываются они трансгрессивно залегающими пермскими, триасовыми, юрскими и четвертичными отложениями. В северной части каменноугольные породы залегают под четвертичными отложениями или обнажаются по берегам Венты, Летижи, Шкервели, Цицере и других рек. Контакт с нижележащими отложениями верхнего девона четкий и проводится по кровле доломитов данковского горизонта.

### Девонская система

Девонские отложения развиты на всей территории Латвийской ССР и изучены значительно лучше, чем отложения других более древних систем. В гидрогеологическом отношении отложения девона представляют особый интерес как коллектора пресных подземных вод, на которых в основном базируется водоснабжение республики.

Девонские породы залегают на отложениях силура, реже ордовика и кембрия трансгрессивно и почти на всей территории Латвии перекрываются четвертичными образованиями. Исключение составляет лишь юго-западная часть республики, где они погружаются на значительную глубину (до 190 м) и перекрываются толщей нижнекаменноугольных, пермских, мезозойских и кайнозойских пород. Отложения девона представлены чередующимися песчано-глинистыми и карбонатными породами, образовавшимися в прибрежно-континентальных условиях. Мощность этих отложений варьирует в восточной части республики от 100—300 м (Даугавпилс, Валмиера) до 528—602 м (города Плявиняс, Бауска), в западной — от 222 м (г. Вентспилс), 693 м (Стури) до 790 м (Эзере).

Верхнедевонские отложения общей мощностью до 400 м представлены в Латвии породами франского и фаменского ярусов.

Отложения фаменского яруса развиты лишь в крайней юго-западной части Латвии (примерно южнее линии Бауска — Елгава — Тукумс — Айзпуте). Представлены они чередованием слоев песчано-глинистых и карбонатных пород общей мощностью до 100—115 м. В разрезе фаменских отложений Латвии выделяются данковский, лебедянский, елецкий и чимаевский горизонты.

Данковский горизонт, которым начинаются девонские отложения, литологически разделяется на две части: верхнюю, сложенную доломитами с маломощными прослоями мергелей и доломитовых песчаников

(мощность 8—20 м), и нижнюю, представленную доломитовыми песчаниками и песками с прослоями доломитов, мергелей и глин (мощность 43—60 м).

Границы между лебедянским и елецким горизонтами нечеткие и из-за отсутствия достаточного материала часто носят условный характер, поэтому они рассматриваются совместно.

Общая мощность толщи до 55 м, представлена она песчаными доломитами, песчаниками и доломитовыми мергелями с тонкими прослоями глин.

Чимаевский горизонт сложен доломитами и мергелями с подчиненными маломощными прослоями глин. Мощность его от 7 до 18 м.

Отложения франского яруса распространены почти повсеместно, они отсутствуют лишь в северо-западной части Латвии и южнее г. Даугавпилса. Сложен франский ярус прибрежно-континентальными и лагунными отложениями, расчлененными на ряд горизонтов.

Амулский горизонт, отложениями которого начинается франский ярус, представлен переслаивающимися песками, песчаниками, глинами и доломитовыми мергелями с прослойками гипса. Мощность этой пачки возрастает в восточном направлении от 8,3 м (у г. Лиепая) до 32—35 м (г. Ауце).

Ловатский горизонт мощностью 3—14 м развит главным образом в юго-западной части Латвии, отдельные островки этих отложений имеются и в северо-восточной ее части. Он состоит из доломитов и доломитовых мергелей.

Памушский горизонт развит в центральной части Латвийской седловины и в юго-западной части Латвии. Сложен он чередующимися слоями глин и доломитовых мергелей с прослоями доломитов, алевролитов и песчаников с включениями гипсов (западная часть). В восточной части Латвии значительное место в разрезе занимают песчаники (до 20 м), приуроченные в основном к средней части горизонта. Мощность горизонта варьирует от 13—15 м (г. Лиепая) до 67 м (населенный пункт Тирза), в среднем 30—50 м.

Бурегский, семилукский и саргаевский горизонты представлены морскими и лагунными образованиями: доломитами, доломитовыми мергелями и карбонатными глинами с прослойками и включениями гипса преимущественно в средней части разреза. Общая мощность отложений 50—65 м.

Швентойский горизонт, залегающий в основании франского яруса, сложен косослоистыми дельтовыми и прибрежными образованиями: мелко- и среднезернистыми песчаниками и песками с прослоями и линзами глин и алевролитов. Мощность его от 80 до 170 м, уменьшение мощности наблюдается в соответствии с погружением кровли в южном и юго-западном направлениях.

Средний девон в Латвии представлен преимущественно песчано-глинистыми и в меньшей степени карбонатными породами, которые с угловым несогласием залегают на нижнедевонских отложениях. Стратиграфически он подразделяется на два яруса: живетский и эйфельский.

Отложения живетского яруса в Латвии распространены повсеместно. Они представлены преимущественно песчано-глинистыми породами, карбонатные отложения встречаются лишь в нижней части разреза. В ярусе выделяются три горизонта.

Тартуский горизонт состоит из отложений, аналогичных в фациально-литологическом отношении осадкам швентойского горизонта верхнего девона, и характеризуется хорошо выраженной ритмичностью осадконакопления. В тартуском горизонте наблюдаются два ритма; нижняя часть толщи сложена песчаниками и песками, верхняя — переслаиваю-

щимися глинами, алевролитами и песчаниками. Общая мощность отложений изменяется от 80—100 м (в юго-западной части республики) до 175 м на северо-востоке.

Наровский горизонт представлен доломитовыми мергелями, глинами и глинистыми доломитами с прослоями глин и линзами гипса. В верхней части разреза встречаются прослои песчаников, количество которых увеличивается в северном направлении. Мощность горизонта в среднем 100—166 м.

Пярнуский горизонт, трансгрессивно залегающий на отложениях кемерской свиты, сложен прибрежными мелкозернистыми песками и песчаниками с ярко выраженной косою слоистостью. Средняя мощность горизонта 20—50 м, наибольшая 78 м (Стренчи), наименьшая известная мощность 4,2 м (Межциемс).

Эйфельский ярус представлен кемерской свитой, состоящей из переслаивающихся глин, песчаников, алевролитов и доломитизированных мергелей. Мощность толщ увеличивается в восточном направлении от 33 м (Пилтене) до 117 м (Инчукалнс).

Нижний девон на территории Латвии представлен отложениями стонишкяйской свиты, вскрытыми глубокими скважинами в западной части республики: Бауска, Кемери, Пилтене, Блидене и др. Свита сложена в основном алевролитами и глинами с прослоями мелко- и среднезернистых кварцевых песчаников и известковистых мергелей. Мощность отложений варьирует примерно от 50 м (Бауска) до 138 м (Эзере) и в среднем составляет 80—83 м.

### Силурийская система

Силурийские отложения почти полностью покрывают территорию Латвии (за исключением незначительной площади в районе Валмиерско-Псковского структурного поднятия) и представлены верхним и нижним отделами. Однако разрез силурийских отложений на большей части республики (особенно в восточной) неполный вследствие выпадания из него отложений лудлова и реже венлока. Силурийские породы в Латвийской ССР вскрыты рядом буровых скважин и залегают на глубине: в восточной части республики от 195 м (Даугавпилс) до 617 м (Бауска), в западной — от 269 м (Вентспилс) до 646 м (Стури, Блидене) ниже уровня моря. Мощность отложений колеблется в значительных интервалах: от 12—79 м (Инчукалнс и Даугавпилс) до 264—592 м (Вентспилс, Пилтене), составляя в среднем 200—230 м. Наиболее полный разрез силура имеется в северной части Западной Латвии.

Верхний силур, представленный лудловским ярусом, вскрыт в районах населенных пунктов: Бауска (22 м\*), Ремте (11 м\*), Вентспилс (105 м), Пилтене (406 м) и, по-видимому, отсутствует восточнее линии Рига — Биржай. В верхней части он сложен глинами с прослоями известняков, в нижней (нижний подъярус) — известняками, переслаивающимися с глинами, мергелями и доломитами.

Нижний силур представлен мелководными осадками венлокского и лландоверского ярусов, трансгрессивно перекрывающих верхнеордовикские известняки. В верхней части разреза нижнесилурийских отложений преобладают плотные глинистые мергели с прослоями доломитов и глин (венлокский ярус) средней мощностью 125—150 м, в основании залегает пачка глинистых известняков с прослоями мергелей и глин общей мощностью 50—80 м (лландоверский ярус). Отсутствуют отло-

\* Вскрытая мощность

жения, соответствующие венлокскому ярусу, в районе населенного пункта Блидене, в сводовой части Инчукалнской структуры и, по-видимому, в крайней восточной части республики. Мощность отложений нижнего силура примерно 650 м.

### Ордовикская система

Ордовикские отложения развиты на всей территории Латвийской ССР, за исключением крайней северо-восточной части республики (севернее г. Алуксне). Они вскрыты многими скважинами и залегают на глубинах от —306 м (Межциемс) до —995,6 м (Пилтене). Представлен ордовик отложениями трех отделов общей мощностью от 149 м (Межциемс) до 192 м (Бауска) в восточной части республики и от 117 м (Пилтене) до 227 м (Стури) в западной.

Верхний и средний ордовик сложены карбонатными породами, сформировавшимися в мелководном морском бассейне нормальной солёности — глинистыми известняками и мергелями с прослойками битуминизированных аргиллитов. Последние в разрезе толщи имеют подчиненное значение и в основном приурочены к нижней части верхнеордовикских отложений (плюсский ярус) на западе республики. Отмеченные осадки на территории республики развиты повсеместно, за исключением районов населенных пунктов Понкули и Стренчи. Отложения верхнего и среднего ордовика Латвии соответствуют карбонатным породам ашгильского и плюского ярусов верхнего ордовика, а также невского и пуртеского ярусов среднего ордовика Эстонской ССР, хотя расчленение последних в республике на более дробные стратиграфические единицы — горизонты из-за литологического однообразия пород и небольшого фаунистического материала затруднительно.

Общая мощность карбонатной толщи колеблется от 82 м (Пилтене) до 139 м (Акнисте) и в среднем составляет 120—130 м.

Отложения нижнего ордовика трансгрессивно залегают на песчаниках тискреского горизонта среднего кембрия, граница между ними нечеткая из-за литологического сходства слагающих пород. В разрезе выделяются онтикоский (кундаский, волховский и лээтсеский горизонты) и тремадокский ярусы. Последний представлен отложениями нижней части пакерортского горизонта.

Кундаский и волховский горизонты на территории Латвии представлены мелководными морскими образованиями: глинистыми известняками с прослоями мергелей (реже доломитов) и глин. Средняя мощность отложений 35—45 м, максимальная 58 м (Бауска).

Лээтсеский и под ним со стратиграфическим несогласием залегающий пакерортский горизонты сложены кварцевыми песчаниками с прослоями алевролитов и глин (пакерортский горизонт) и с включением глауконита (лээтсеский). Общая мощность песчаных образований нижнего ордовика колеблется от 5—20 м на востоке республики (Плявиняс и Понкули) до 55 м на юго-западе (Стури), т. е. мощность их возрастает в юго-западном направлении. Отсутствуют описываемые отложения в разрезе скважины Пилтене, где на породах среднего кембрия сразу залегают карбонатные отложения волховского горизонта.

### Кембрийская система

Кембрийская система в Латвии представлена средним и нижним отделами.

Средний кембрий сложен мелко- и тонкозернистыми песчаниками тискреского горизонта, трансгрессивно залегающими на размытой по-

верхности отложений нижнего кембрия или в случае отсутствия последнего на кристаллических породах фундамента Мощность горизонта увеличивается в западном и юго-западном направлениях от 13—29 м (Понкули, Плявиняс) до 67—87 м (Стури, Пилтене) Увеличение мощности сопровождается появлением в разрезе алевролитов и глин

Нижний кембрий представлен отложениями балтийской серии, в которой выделяются пиритаский, лонтаваский и ломоносовский горизонты Песчано-глинистые отложения балтийской серии развиты на большей части территории Латвии, за исключением района Инчукалнской структуры и незначительной площади в сводовой части Валмиерско-Локновского поднятия кристаллического фундамента Подстилаются они породами валдайской серии, а на вышеотмеченных участках — породами кристаллического фундамента Границы между горизонтами нечеткие, по-видимому, стратиграфически не выдержаны и определяются фациальными условиями накопления осадков

Отложения пиритаского горизонта, представленные глинистыми алевролитами с тонкими прослоями песчаников, выделены лишь на территории Западной Латвии и имеют незначительную мощность (4—6 м в скв Адзе Пилтене)

Лонтаваский горизонт сложен в восточной части республики хорошо выдержанной пачкой серых глин мощностью от 6 м (в скв Плявиняс) до 17—25 м (Понкули и Акнисте) На западе, судя по керну скв Пилтене, значительное место в нижней части разреза занимают песчаники (мощность пачки песчаников 29,5 м при общей мощности отложений 65 м)

Ломоносовский горизонт, залегающий в основании балтийской серии, сложен мелкозернистыми глауконитово кварцевыми песчаниками с частыми тонкими прослойками алевролитов и глин Песчано-глинистые отложения горизонта установлены в скважинах Пилтене, Бауска, Плявиняс, Акнисте и Понкули Мощность горизонта в западной части республики 9,7 м (Пилтене) и от 4,8 м (Бауска) до 23 м (Понкули) в восточной

## ДОКЕМБРИИ

### Вендский комплекс (валдайская серия)

Терригенные отложения вендского комплекса изучены по опорным скважинам Понкули, Плявиняс, Акнисте, Бауска, а также Пилтене, где впервые установлено присутствие этих отложений в северной части Западной Латвии Мощность их по данным скважин составляет соответственно 73, 31, 39,6 (неполная), 14 и 45,8 м

В скважинах Блидене, Стури, Куйли, Циецере и Адзе, расположенных в зоне Лиепайско-Салдусского выступа фундамента, отложения валдайского комплекса не были встречены, это позволяет предполагать, что эти отложения отсутствуют в юго-западной Латвии Отложения комплекса также отсутствуют в районе Инчукалнской структуры (северо-восточнее Риги) и Валмиерско-Локновского поднятия

Вендский комплекс на территории Латвии представлен отложениями котлинского и гдовского горизонтов

Котлинский горизонт в основном представлен глинами, реже глинами с маломощными прослоями алевролитов (район г Плявиняс) или песчаников (скв Понкули) В разрезе скв Пилтене преобладают песчаники с прослоями глин и алевролитов общей мощностью 18,6 м Мощность горизонта в восточной части Латвии уменьшается и колеблется от 2 м (Плявиняс) до 10 м (Понкули) В районе г Бауска эти отложения, очевидно, отсутствуют [Ульст, 1960]

Гдовский горизонт, залегающий на неровной, выветрелой поверхности кристаллического фундамента, вскрыт во всех вышеотмеченных скважинах. Сложен он преимущественно крупнозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов в верхней части разреза. В скв. Понкули в разрезе горизонта появляются глины. Мощность горизонта колеблется от 14 м (Бауска) до 63 м (Понкули).

Таким образом, мощность отложений валдайской серии увеличивается в северном (западная часть Латвии) и восточном (восточная часть республики) направлениях. Одновременно происходит постепенное замещение песчаных образований глинисто-песчаными.

### АРХЕЙ И ПРОТЕРОЗОЙ

На территории Латвии породы кристаллического фундамента вскрыты лишь в нескольких местах глубокими скважинами, пробуренными за последнее пятнадцатилетие в связи с выявлением перспектив нефтегазоносности территории и поисками подземных газохранилищ (табл. 5).

Таблица 5

Глубина залегания поверхности кристаллического фундамента по данным бурения

Местоположение скважины	Глубина, м	Абсолютная отметка, м	Местоположение скважины	Глубина, м	Абсолютная отметка, м
Понкули . . . . .	619	—462,5	Пилгене . . . . .	1337	—1326,3
Стренчи . . . . .	384	—339,8	Адзе . . . . .	1129	—1084
Плявиняс . . . . .	1024	—949,3	Блидене . . . . .	1138	—1023,5
Бауска . . . . .	1092	—1078,1	Куйли . . . . .	1266	—1147,0
Инчукалнс . . . . .			Стури . . . . .	1290	—1170,2
(13 скважин) . . . . .	733—1034	—695,4—976,6	Циецере . . . . .	1216	—1083,0

По данным глубокого бурения и геофизических исследований в Латвийской ССР и соседних республиках, глубина залегания кристаллического фундамента на территории Латвии варьирует от —300 до —1700 м ниже уровня моря (рис. 6).

Кристаллические породы фундамента сильно дислоцированы и обычно перекрыты маломощным (0,4—6 м) остатком коры выветривания. Представлены они в основном мигматизированными гранито-гнейсами и гнейсами (биотитовыми, амфиболо- и гранато-биотитовыми и др.), реже гранитами (скв. Адзе, Стренчи, Пилтене), относимыми к архею и нижнему протерозою (Варданынц, 1960). При бурении скважин в Блидене, Стури и Куйли (1959—1962 гг.) в Западной Латвии (осевая часть Балтийской синеклизы) впервые были вскрыты лабрадориты, которые отнесены к верхнему протерозою.

По материалам гравиметрических исследований, а также по аналогии с Финляндией предполагается, что кислые породы преимущественно приурочены к склонам положительных структур, а основные породы — к отрицательным (Латвийская седловина и Балтийская синеклиза).

### ТЕКТОНИКА

Тектоника Латвийской ССР определяется структурным планом кристаллического фундамента и особенностями залегания пород перекрывающего его осадочного чехла. Данные глубокого бурения и геофизических исследований указывают на значительное совпадение структур-





ных планов вышеотмеченных формаций, хотя азимутальное и угловое несогласие между отдельными комплексами и слоями осадочного чехла иногда значительно

Поверхность кристаллического фундамента характеризуется сложным расчлененным рельефом, наличием крупных положительных и отрицательных форм, зон нарушений различного типа. Амплитуда колебаний поверхности его в пределах республики около 1300 м, при этом наиболее опущенные участки находятся в центральной части Восточной Латвии (до 1000 м ниже уровня моря) и на крайнем юго-западе республики (примерно на глубине —1700 м). Участки сравнительно неглубокого залегания фундамента (от —300 до —600 м) располагаются в северо- и юго-восточных районах (см. рис. 6). Интенсивность погружения при этом в среднем составляет 5,5—6,5 м/км в северной части республики, 2,5—3 м/км на юго-востоке и до 8—10 м/км в юго-западных районах.

В строении осадочного чехла и подстилающего его складчатого осадочника на территории Латвийской ССР выделяются следующие крупные структурные элементы: 1) южный склон Балтийского щита, 2) северо-западный склон Белорусско-Литовского выступа кристаллического фундамента, 3) Латвийская седловина и 4) Балтийская синеклиза (см. рис. 6).

Южный склон Балтийского щита охватывает северную часть Восточной Латвии, где граница его с Латвийской седловиной выражена четко в виде довольно крупного уступа в рельефе фундамента и проводится по изогипсе —800 м примерно по линии Черская — Цесис — Саулкрасты. Граница с Балтийской синеклизой проходит западнее восточного побережья Рижского залива и в районе Ирбенского пролива.

Кристаллический фундамент в пределах этой структуры залегает на глубинах 300—800 м ниже уровня моря, причем возрастание глубин прослеживается в южном и юго-западном направлениях. Примерно в том же направлении происходит и погружение пород осадочного комплекса. Особое положение в структурном плане занимает участок склона на северо-востоке Латвии и юго-западе Эстонии, к которому приурочена зона общего приподнятого залегания кристаллического фундамента. В ней выделяется ряд обособленных поднятий: Валмиерское, Мынискское и Локновское с максимальными известными отметками фундамента соответственно —425, —238 и —339 м. Упомянутые поднятия нашли отражение и в залегании перекрывающих осадочных пород, мощность которых здесь значительно меньше в связи с отсутствием в разрезе нижнепалеозойских отложений (нижне- или среднекембрийских, ордовикских и частично силурийских), а в отдельных местах даже всего комплекса отложений вплоть до пярнуского горизонта среднего девона (скв. Мынисте).

Северо-западный склон Белорусско-Литовского выступа кристаллического фундамента занимает юго-восточную часть Латвии, примерно южнее линии Акнисте — Преиля — Зилупе. Граница его с Латвийской седловиной нечеткая и проводится условно.

Глубина залегания поверхности кристаллического фундамента на латвийской части склона возрастает в северном и северо-западном направлениях от —600 до —800 м, причем погружение происходит довольно спокойно, хотя (по А. П. Индансу) характер залегания верхних горизонтов осадочной толщи указывает на возможное осложнение склона отдельными поднятиями и сбросами в районе городов Даугавпилс, Карсава и др.

Латвийская седловина, расположенная в центральных районах восточной части Латвии, представляет собой сравнительно неглубокую,

с асимметрично-наклоненными склонами, отрицательную структуру широтного направления. С севера на юг она обрамляется склонами вышеупомянутых положительных структур; на востоке (за пределами республики) сообщается с Московской, а на западе с Балтийской синеклизами. Граница с последней проводится по стратоизогипсе кровли кристаллического фундамента —1000 м, примерно повторяющей направление Балдонского прогиба в девонских отложениях. Кристаллический фундамент в пределах прогиба залегает на глубине: в прибортовых частях —800 м, в центральной —1000 м. Поверхность его осложнена двумя поднятиями меридионального направления —Эрглинским и Тауркалнским (соответственно оконтуриваемым стратоизогипсами —800 и —900 м) и одной отрицательной структурой с абсолютными отметками кровли фундамента свыше —1000 м. Последняя расположена в районе Балвы — Виляка и имеет широтное простирание. Тауркальская и Эрглинская зоны приподнятого залегания кристаллического фундамента с амплитудой поднятия примерно 100 и 150—200 м хорошо выделяются на общем фоне рельефа фундамента в основании седловины (с абс. отметками от —900 до —1000 м) и как бы разделяют последнюю на две части.

Кроме отмеченных структур второго порядка, поверхность кристаллического фундамента Латвийской седловины осложнена крупным разломом, прослеженным параметрическими скважинами в районе Инчукалнской локальной структуры (северо-восточнее г. Риги). Для разлома характерно северо-западное падение с максимальной амплитудой 282 м и северо-восточное простирание. В осадочном чехле он прослеживается до нижнесилурийских отложений, отражаясь в девонских образованиях лишь в виде незначительной флексуры.

Территорию Западной Латвии охватывает северо-восточная часть Балтийской синеклизы, наиболее крупной отрицательной структуры северо-запада Русской платформы. Описываемая структура на востоке граничит с Латвийской седловиной, на севере, по-видимому, в районе Рижского залива и Ирбенского пролива, сочленяется с южным склоном Балтийского щита, а на юге и западе уходит в пределы Литовской ССР и Балтийского моря. Общее направление синеклизы северо-северо-восточное. Заполнена она в отличие от других крупных структур Латвии не только палеозойским комплексом осадков, но и мезозойскими отложениями (юго-западные районы республики) общей мощностью до 1700 м. Однако в тектоническом строении отдельных комплексов осадочного чехла современный структурный план кристаллического фундамента отражается в неодинаковой степени. Наиболее ярко он проявляется в отложениях додевонского возраста, отложения же девона и мезозоя повторяют лишь общий наклон подстилающих пород и залегают моноклинально без видимых нарушений, присущих рельефу фундамента и додевонскому структурному этажу.

Поверхность кристаллического фундамента в латвийской части Балтийской синеклизы лежит на абсолютных отметках от —900 м на севере до —1800 м на крайнем юго-западе республики. Погружение фундамента ступенчатое, сопровождаемое сбросами и зонами тектонических разломов широтного направления, и, как уже упоминалось ранее, происходит в отдельных частях синеклизы с неодинаковой интенсивностью (см. рис. 6).

По характеру погружения и общим структурным особенностям поверхности кристаллического фундамента и отложений осадочного чехла в пределах синеклизы выделяется ряд структурных элементов второго порядка.

Северо-Курземская опущенная ступень субширотного направления с абсолютными отметками кровли фундамента от  $-900$  до  $-1400$  м. С юга она ограничивается системой разломов, прослеживающихся несколько южнее г. Кулдиги по направлению к Инчукалнской локальной структуре.

Южнее располагается Лиепайско-Салдусская зона приподнятого залегания кристаллического фундамента, обрамленная с севера и юга разломами с известными абсолютными отметками кровли фундамента от  $-1024$  до  $-1170$  м. Переход поднятия в южнее расположенную опущенную ступень синеклизы, по-видимому, ступенчатый, по крайней мере характеризуется повышенными градиентами уклона поверхности фундамента, который здесь залегает на глубине от  $-1400$  до  $-1800$  м.

Помимо охарактеризованных наиболее крупных структурных элементов, в Латвии установлено более 100 локальных структур типа брахискладок. Амплитуда поднятия в них обычно колеблется от нескольких метров до  $20-30$  м, изредка возрастающая до  $60$  и даже  $80$  м, углы падения склонов на крыльях структур в среднем обычно не превышают  $10 \text{ км}^2$ .

Локальные структуры обычно располагаются группами и приурочены главным образом к зонам тектонических нарушений, а также к флексурообразным перегибам слоев в местах сочленения крупных структурных элементов.

Современная структура Латвийской ССР сформировалась в результате длительных и многократных переработок древних структур. В истории ее развития выделяются четыре отдельных этапа, характеризующихся выдержанностью основных особенностей движения земной коры и особой палеоструктурной обстановкой. Первые три этапа, охватывающие палеозойскую эру вплоть до эйфельского века среднего девона, связаны с каледонским тектогенезом, четвертый (фаменский век — триас) — с герцинским. Главные же черты современных структурных элементов Латвии сформировались в течение силурийской (Балтийская синеклиза) и девонской (Латвийская седловина) эпох.

## ИСКУССТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Степень и характер изменений, вносимых человеком в течение длительного исторического периода в природные гидрогеологические условия республики, в различных ее местах неодинаковы. В большинстве случаев — это изменения гидродинамического характера, которые в основном сводятся к незначительному понижению уровня подземных вод под влиянием эксплуатационных откачек или осушительных мелиоративных работ. Иное положение преимущественно в районах крупных городов Латвии (Рига, Лиепая, Елгава и др.), где под воздействием интенсивной и многообразной инженерно-строительной и хозяйственной деятельности человека изменению подвергаются почти все элементы природной гидрогеологической обстановки: условия питания, стока и разгрузки подземных вод, их уровенный режим, химический и бактериальный состав.

Влияние человека на территории республики коснулось главным образом верхних водоносных горизонтов, прежде всего грунтовых вод, а также верхнепермского, нижнекаменноугольного и верхне- и среднедевонских артезианских горизонтов пресных подземных вод, на использовании которых основывается водоснабжение Латвии. Естественный режим более глубоких водоносных горизонтов (начиная с пярнуского горизонта среднего девона), содержащих минерализованные воды или рассолы, фактически остался незатронутым воздействием человека, если не считать кратковременных разведочных и поисковых откачек, а также

незначительного водоотбора (пярнуский горизонт) для промышленных и бальнеологических целей.

Одним из важнейших факторов, влияющим на естественный режим подземных вод (преимущественно грунтовых) в сельских районах республики, являются мелиоративные работы. В большом объеме эти работы проведены в районе Лубанского озера, в бассейнах рек Лиелупе и Гауи, а также в низинных районах Приморской низменности (в окрестностях городов Рига и Лиепая), подвергающихся затоплению вследствие нагонных явлений. В результате на большей части этих районов уровень грунтовых вод понизился примерно на 0,5—1,0 м; сократились сроки стояния паводковых вод и подпор грунтовых вод, а также уменьшились сезонная и годовая амплитуды колебания последних. Перечисленные явления, несомненно, отразились на условиях инфильтрации атмосферных осадков и способствовали уменьшению засоления грунтовых вод водами нагонных паводков.

На территории городов и больших строек значительное (хотя и непродолжительное) воздействие оказывает осушение строительных участков. Наиболее ярким примером может служить осушение строительного котлована Плявиньской ГЭС на р. Даугаве, где вследствие местных особенностей геолого-гидрогеологических условий (наличие древнего погребенного вреза, заполненного различными четвертичными образованиями, вплоть до моренных суглинков текучей консистенции, высокие напоры подземных вод и т. д.) потребовались значительные осушительные работы для предотвращения затопления и выпирания дна котлована напорными водами внутри- и межморенных образований, гидравлически связанных с высоконапорными водами швентойского горизонта верхнего девона. В результате длительной и интенсивной откачки (с суммарным расходом до 36—39 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ) пьезометрический уровень вод вышеотмеченных горизонтов был снижен на 45 м (около 20 м ниже уреза воды в реке). Искусственное понижение напоров этих водоносных горизонтов при отсутствии выдержанных водоупоров создало условия для перелива в образовавшуюся депрессионную воронку подземных вод вышележащих горизонтов (бурегско-саргаевского, грунтовых вод аллювиальных отложений), а также, несомненно, вызвало в какой-то мере приток поверхностных вод р. Даугавы, которая в естественных гидродинамических условиях являлась участком интенсивной разгрузки подземных вод всех перечисленных горизонтов.

Подобные изменения естественного режима подземных вод (только в значительно меньших масштабах) связаны с осушительными откачками и при строительстве ряда других сооружений на территории Латвии.

На многочисленных локальных участках территории Латвии определенное значение в искусственном изменении природного режима грунтовых (реже напорных) вод имеет эксплуатация месторождений строительных материалов и сопутствующие ей осушительные работы в карьерах. Однако в масштабе всей республики влияние этих мероприятий на режим подземных вод невелико, что объясняется неглубоким залеганием и широким развитием эксплуатируемых пород, в связи с чем большинство карьеров неглубокие и характеризуются в основном незначительным водопритокотом. Исключение составляет лишь ряд месторождений глин (Елгавский административный район), доломитов и известняков (Салдусский, Калнциемский, Саулкалнский и другие карьеры), песчано-гравийных (Гаркалское, Мадонское и другие месторождения), а также Сауриешский гипсовый карьер, водоприток (подземных и частично поверхностных вод) в которые достигает 100 и даже 400—500  $\text{м}^3/\text{час}$

(Сауриешское и Салдусское месторождения). Осушение открытых выработок, которое проводится исключительно поверхностным водоотливом, вызывает понижение уровня подземных вод в прилегающих к карьерам участках, а также усиливает их инфильтрацию и скорость движения к искусственным очагам разгрузки.

Местные изменения уровня режима, условий стока и других элементов природной гидрогеологической обстановки происходят и под влиянием гидротехнических мероприятий. При этом преобладающим процессом (в отличие от воздействия других основных искусственных факторов) является повышение уровней и напоров подземных вод, вызванное подпором их поверхностными водами искусственных водоемов, образовавшихся в результате строительства гидроэнергетических сооружений. Так, в связи с созданием водохранилища самой крупной в Латвии гидроэлектростанции — Кегумской ГЭС на р. Даугаве с 16-метровым напором у плотины, произошло повышение уровня грунтовых вод в приречной полосе протяженностью до 35 км (от населенного пункта Кегумс до г. Юнелгава). Одновременно возросли напоры артезианских вод, приуроченных к отложениям верхнего девона (памушский, бургеско-саргаевский, швентойский водоносные горизонты); при этом ширина зоны влияния подпора в напорных водах (бургеско-саргаевский комплекс) в районе населенного пункта Кегумс достигла, по приближенным данным В. А. Шульгина (1963), примерно 40—45 км (19 км на правом и 27 км на левом берегу).

Повышение уровней подземных вод (главным образом грунтовых) на несколько метров имеет место и на участках влияния многочисленных запруд мельниц, расположенных почти на всех мелких реках республики, а также в районах водохранилищ 17 менее мощных (с напором от 3,5 до 13 м) гидроэлектростанций, построенных на реках Салаца (населенный пункт Стайцеле), Айвиексте (населенный пункт Ляудона), Вайдава, Малта, Брасла, Амата, Тирза и др.

Влияние поднятия уровней воды в реках, созданного при осуществлении гидротехнических мероприятий, не ограничивается изменениями уровня режима подземных вод, но и отражается на условиях их стока и разгрузки, а также составе (уменьшаются уклоны и скорость движения подземного потока к рекам, минерализация вод и т. д.).

Интенсивное влияние на естественный режим подземных вод оказывает эксплуатация их для водоснабжения.

В 1963 г. на территории Латвии в вышеуказанных целях откачивалось около 560 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$  подземных вод, в том числе 250 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$  артезианских вод и примерно 310 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$  грунтовых (имеются в виду воды четвертичных отложений). Однако вследствие неравномерности заселения территории интенсивность водоотбора по республике значительно отличается. Примерно половина эксплуатационного расхода подземных вод приходится на три наиболее крупных города Латвии: Ригу, Лиепая и Елгаву. На остальной части республики водоотбор распределяется более равномерно, и процесс эксплуатации подземных вод в основном вызывает лишь небольшое снижение их уровней (главным образом динамических), реже — изменения (в отрицательную сторону) их химического и бактериального состава. Вследствие длительных и интенсивных откачек, а также исторически сложившейся неплановой организации водоснабжения в артезианских горизонтах наиболее крупных водозаборов образовались депрессионные воронки с максимальной глубиной от исходной пьезометрической поверхности.

Возникновение депрессионных воронок существенно изменило гидродинамическую обстановку на территории таких крупных водозаборов

и прилегающих к ним площадей; депрессии стали служить искусственными очагами разгрузки, вследствие чего изменилось направление и скорость движения подземного стока. Например, депрессионная воронка в Риге (площадью около  $460 \text{ км}^2$ ) почти полностью перехватывает подземный поток вод швентойского горизонта, поступающий с водораздельного участка рек Гауи и Даугавы по направлению к Рижскому заливу и частично с юга, а также со стороны морского побережья (ввиду распространения депрессии в пределы моря). Подобное положение отмечается в районе г. Лиепая и отчасти г. Елгава.

Кроме того, с развитием депрессионных воронок на территории городов Рига и Лиепая в вышеупомянутых артезианских горизонтах пресных вод создались условия, благоприятствующие подпитыванию последних водами выше- и нижезалегающих горизонтов, подсосу или проникновению в них загрязненных (химически или бактериально) поверхностных вод, а с тем и изменению их природного состава и минерализации. О наличии отмеченных явлений, например в районе Риги, свидетельствуют повышения в отдельных эксплуатационных скважинах минерализации пресных вод швентойско-тартуского комплекса (что объясняется как притоком минерализованных вод с низов тартуского горизонта, так, по-видимому, и подсосом химически загрязненных нагонами поверхностных вод р. Даугавы), единичные случаи бактериального загрязнения этого горизонта и т. д. В пределах г. Лиепая широкое развитие имеет процесс подсоса морских вод, обусловленный понижением напоров фаменского водоносного комплекса ниже уровня Балтийского моря, распространением депрессионной воронки в пределах моря, а также отсутствием водоупорных отложений в местах выхода последнего на морское дно. В результате подсоса изменился химический состав вод горизонта, возросла минерализация вод в 1,5—2 раза (местами до 3—4 г/л), содержание хлоридов увеличилось до 1,6 г/л. В настоящее время ширина участка засоления достигла 5 км, и фронт засоленных вод продвинулся в глубь города на 2—2,5 км.

Химический и бактериальный состав подземных вод республики, особенно грунтовых вод, изменяется, снижается их качество под воздействием таких факторов, как удобрения почв, утечки из канализационных сетей, спуск загрязненных промышленных и бытовых сточных вод на инфильтрационные поля или в поверхностные водоемы. Отсутствием канализационной сети или несоблюдением санитарно-гигиенических правил объясняется частичное бактериологическое загрязнение грунтовых вод в ряде городов республики (Лиепая, Юрмала, Резекне и др.).

## *Глава II*

# **ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ, КОМПЛЕКСОВ И ВОДОУПОРОВ**

### **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ ЛАТВИИ**

Описание водоносных горизонтов, комплексов и водоупоров, выделяемых на территории Латвии, приводится в стратиграфической последовательности сверху вниз, в соответствии с принятыми легендами: для геологических карт четвертичных и дочетвертичных отложений Прибалтийской серии и для гидрогеологических карт той же серии.

В мощных осадочных отложениях, развитых на территории Латвии, в зависимости от гидрогеологических особенностей водовмещающих пород согласно принятой для данного тома схеме гидрогеологической стратификации Латвии выделяются: четвертичный водоносный комплекс; юрский водоносный горизонт, нижнетриасовый водоупор, верхнепермский водоносный горизонт; чимаевский водоупор, амулско-саргаевский и швентойско-тартуский водоносные комплексы, наровский водоупор; донаровский водоносный комплекс; силурийская и ордовикская водоупорные толщи; пакерортско-тискреский водоносный горизонт; нижнекембрийский и вендский водоносные комплексы (табл. 6).

### **ВОДЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Воды четвертичных отложений на территории Латвийской ССР распространены довольно неравномерно. Тем не менее в толще четвертичных пород содержатся значительные запасы вод, представляющие легкодоступный и экономически выгодный источник водоснабжения крупных городов и сельских районов. Так, грунтовые воды являются источником водоснабжения Риги, Елгавы, Даугавпилса, Юрмалы и других городов, в воднохозяйственном балансе которых они составляют 60—90 % общего потребления.

В четвертичных отложениях Латвии встречаются два типа вод: безнапорные (грунтовые) и напорные (межпластовые). Глубина залегания подземных вод колеблется в зависимости от рельефа местности. В Средне-Латвийской низменности, на побережье Рижского залива и Балтийского моря грунтовые воды залегают сравнительно близко от поверхности земли и вскрываются колодцами и скважинами на глубинах 2—4 м. В то же время на холмистых участках рельефа (Западно-, Средне- и Восточно-Латвийская возвышенности) подземные воды залегают на глубине 5—10 м, местами 20—50 м и приобретают напор местного характера.

Таблица 6

## Схема гидрогеологической стратификации Латвии

Стратиграфо-литологические толщи Система, горизонт, свита	Водоносные горизонты, комплексы и водоупоры	Краткая характеристика
<p>Четвертичная — Q</p> <p>Мощность от 0,5 до 170, иногда более 300 м</p> <p>Современные отложения — Q<sub>IV</sub></p> <p>Торф, пресноводная известь, безвалунные глины, супеси, пески, гравий, галька</p> <p>Мощность от 3 до 30 м</p> <p>Вюрмский комплекс — Q<sub>IIIW</sub></p> <p>Моренные суглинки, супеси, песок, гравий, глины. Мощности от нескольких метров до 120 м</p> <p>Рисский комплекс — Q<sub>IIIr</sub></p> <p>Моренные суглинки, супеси, песчано-глинистые и песчано-гравийные образования. Мощности от нескольких метров до 60 м</p> <p>Миндельский комплекс — Q<sub>III</sub>m</p> <p>Моренные суглинки, супеси, гравий, разноразмерные пески. Мощности от нескольких метров до 47 м</p>	<p>Четвертичный водоносный комплекс — Q</p> <p>Воды содержатся в отложениях: болотных — pQ<sub>IV</sub>, эоловых — eoQ<sub>IV</sub>, озерных — lQ<sub>IV</sub>, различных стадий Балтийского бассейна — l<sub>1</sub>mQ<sub>IV</sub>, современных и древнеаллювиальных — alQ<sub>IV+III</sub>, флювиогляциальных — fglQ<sub>III</sub>, лимногляциальных — lglQ<sub>III</sub>, моренных — glQ<sub>III</sub>, glQ<sub>II</sub>, glQ<sub>I</sub>, межморенных — aglQ<sub>III-II</sub>, aglQ<sub>II-I</sub></p>	<p>Распространен по всей территории Латвии. Используются и перспективны для водоснабжения следующие горизонты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отложений различных стадий развития Балтийского бассейна — l<sub>1</sub>mQ<sub>IV</sub> (города Рига, Юрмала, Лиепая и др.).</li> <li>2. Нерасчлененных современно-древнеаллювиальных отложений — alQ<sub>IV+III</sub> (города Даугавпилс, Рига и др.).</li> <li>3. Надморенных флювиогляциальных отложений — fglQ<sub>III</sub> (г. Рига, сельские местности)</li> <li>4. Песчаных и супесчаных линз в толще морен — glQ<sub>III</sub>, II (для водоснабжения в сельской местности)</li> <li>5. Межморенных и подморенных отложений — aglQ<sub>III-II-I</sub> и aglsQ (для водоснабжения в сельской местности)</li> </ol>
<p>Юрская — J<sub>3+2</sub></p> <p>Пески, песчаники, глины, бурый уголь. Мощности до 25 м</p>	<p>Юрский водоносный горизонт — J<sub>3+2</sub></p>	<p>Распространен только на юго-западе Латвии (Польско-Литовский артезианский бассейн). Значения для водоснабжения не имеют</p>
<p>Триасовая — T<sub>1</sub></p> <p>Глины, мергели. Мощности до 85 м</p>	<p>Нижнетриасовый водоупор — T<sub>1</sub></p>	<p>Распространен только на юго-западе Латвии; подстилает юрские отложения (Польско-Литовский артезианский бассейн)</p>
<p>Пермская — P<sub>2</sub></p> <p>Известняки, доломиты. Мощности до 35 м</p>	<p>Верхнепермский водоносный горизонт — P<sub>2</sub></p>	<p>Распространен только на юго-западе Латвии (Польско-Литовский артезианский бассейн). Перспективен для водоснабжения</p>
<p>Каменноугольная — C<sub>1</sub></p> <p>Песчаники, глины, доломиты, мергели. Мощности до 140 м</p>	<p>Нижнекаменноугольный водоносный комплекс — C<sub>1</sub></p>	<p>Распространен только на юго-западе Латвии (Польско-Литовский артезианский бассейн). Широко используется и перспективен для водоснабжения</p>



Продолжение табл. 6

Стратиграфо-литологические толщи Система, горизонт, свита	Водоносные горизонты, комплексы и водоупоры	Краткая характеристика
<p>Девонская — D</p> <p>Данковский горизонт — D<sub>3</sub><i>dn</i></p> <p>Доломиты, песчаники, мергели, алевролиты. Мощность до 60 м</p> <p>Лебедянский горизонт — D<sub>3</sub><i>lb</i></p> <p>Доломиты, мергели. Мощность до 10 м</p> <p>Елецкий горизонт — D<sub>3</sub><i>el</i></p> <p>Доломиты, мергели. Мощность до 45 м</p>	<p>Фаменский водоносный комплекс — D<sub>3</sub><i>fm</i></p>	<p>Распространен только на юго-западе Латвии (Польско-Литовский артезианский бассейн). Широко используется для водоснабжения</p>
<p>Чимаевский горизонт — D<sub>3</sub><i>ct</i></p> <p>Глины, мергели. Мощность до 18 м</p>	<p>Чимаевский водоупор — D<sub>3</sub><i>ct</i></p>	<p>Распространен на юго-западе Латвии</p>
<p>Амульский горизонт — D<sub>3</sub><i>am</i></p> <p>Глины, мергели, пески, песчаники, гипсы. Мощность до 35 м</p> <p>Ловатский горизонт — D<sub>3</sub><i>lv</i></p> <p>Доломиты, мергели. Мощность до 14 м</p> <p>Памушский горизонт — D<sub>3</sub><i>pt</i></p> <p>Глины, мергели, алевролиты, гипсы. Мощность до 67 м.</p> <p>Бурегский горизонт — D<sub>3</sub><i>br</i></p> <p>Доломиты. Мощность до 5 м</p> <p>Семилукский горизонт — D<sub>3</sub><i>sm</i></p> <p>Доломиты, мергели, глины, гипсы. Мощность до 28 м</p> <p>Саргаевский горизонт — D<sub>3</sub><i>sr</i></p> <p>Доломиты, мергели, глины, гипсы. Мощность до 46 м</p>	<p>Амулско-саргаевский водоносный комплекс — D<sub>3</sub><i>am—sr</i></p>	<p>Распространен в западной части Латвии, воды спорадические, в восточной части Латвии в этих отложениях выделяются памушский (местами водоупор), бурегско-семилукский, саргаевский водоносные горизонты. Используются для водоснабжения</p>

Продолжение табл. 6

Стратиграфо-литологические толщи Система, горизонт, свита	Водоносные горизонты, комплексы и водоупоры	Краткая характеристика
Швентойский $\checkmark$ горизонт — $D_{3sv}$ Пески, песчаники, алевролиты, глины. Мощность до 169 м  Тартуский горизонт — $D_{2tr}$ Пески, песчаники, алевролиты, глины. Мощность до 175 м	Швентойско-тартуский водоносный комплекс — $D_{3sv} + D_{2tr}$	Распространен по всей Латвии, иногда разделяется на два водоносных горизонта: швентойский и тартуский. Широко используется для водоснабжения
Наровский горизонт — $D_{2nr}$ Глины, мергели, алевролиты, доломиты, гипсы. Мощность до 166 м	Наровский водоупор — $D_{2nr}$	Распространен по всей Латвии
Пярнуский горизонт — $D_{2pr}$ Песчаники, пески, глины. Мощность до 78 м  Кемерская свита — $D_{2km}$ Песчаники, мергели, глины. Мощность до 117 м  Стонишкяйская свита — $D_{1st}$ Песчаники, глины, мергели. Мощность до 138 м	Донаровский водоносный комплекс — $D_{2pr} - D_{1st}$	Распространен по всей Латвии. В Латвийском артезианском бассейне из разреза донаровского водоносного комплекса выпадают отложения стонишкяйской свиты, на северо-востоке — кемерской свиты. На юге и севере Латвии — пресные воды, на остальной территории — минерализованные
Силурийская — S Мергели, известняки, глины. Мощность до 646 м	Силурийская водоупорная толща — S	Распространена по всей Латвии, за исключением северо-восточной части
Ордовикская — O Мергели, известняки, глины. Мощность до 214 м	Ордовикская водоупорная толща — O	Распространена по всей Латвии
Пакерортский горизонт — $O_{1pk}$ Глины, песчаники. Мощность до 13 м  Тискреский горизонт — $Sm_{2ts}$ Песчаники, глины, алевролиты. Мощность до 87 м	Пакерортско-тискреский водоносный горизонт — $O_{1pk} + Sm_{2ts}$	Распространен по всей Латвии. Содержит соленые воды и рассолы. Изучен недостаточно

Продолжение табл. 6

Стратиграфо-литологические толщи Система, горизонт, свита	Водоносные горизонты, комплексы и водоупоры	Краткая характеристика
Пиритаский горизонт — $Sp_1pr$ Алевролиты, глины, песча- ники. Мощность до 6 м Лонтоваский горизонт — $Sp_1ln$ Глины, алевролиты, песча- ники. Мощность до 65 м Ломоносовский горизонт — $Sp_1lm$ Алевролиты, глины, песча- ники. Мощность до 23 м	Нижнекембрийский во- доносный комплекс — $Sp_1$	Распространен по всей Лат- вии. Содержит соленые воды и рассолы. Изучен недоста- точно
Котлинский горизонт — $Vkt$ Песчаники, глины, алевро- литы. Мощность до 18,5 м Гдовский горизонт — $Vgd$ Песчаники, глины, алевро- литы. Мощность до 63 м	Вендский водоносный комплекс — V	

На поверхности вюрмских морен развиты водоносные флювиогляциальные и лимногляциальные отложения (пески, гравий), а по долинам рек — аллювиальные, по составу сходные с флювиогляциальными.

Воды четвертичных отложений широко распространены и приурочены к позднеледниковым отложениям — флювиогляциальным, лимногляциальным, аллювиальным, а также к современным торфяникам, аллювиальным, озерным отложениям и отложениям всех фаз развития Балтийского бассейна. Воды отложений всех стадий развития Балтийского бассейна рассматриваются суммарно, так как эти отложения не разделены водоупорами, имеют сходный литологический состав и по качеству эти воды однотипны. Также вместе рассматриваются воды древнего и современного аллювия.

Воды четвертичных отложений объединяются в водоносный комплекс, в состав которого входят водоносные горизонты. Описание их дается по стратиграфической принадлежности и генетическим типам водовмещающих пород:

- 1) водоносный горизонт болотных отложений —  $pQ_{IV}$ ;
- 2) воды современных эоловых отложений —  $eol\ Q_{IV}$ ;
- 3) водоносный горизонт нерасчлененных современно-древнеаллювиальных отложений —  $al\ Q_{IV+III}$ ;
- 4) водоносный горизонт современных озерных отложений —  $l\ Q_{IV}$ ;
- 5) водоносный горизонт отложений различных стадий развития Балтийского бассейна —  $lm\ Q_{IV}$ ;
- 6) водоносный горизонт надморенных флювиогляциальных отложений —  $fgl\ Q_{IIIW}$ ;
- 7) водоносный горизонт надморенных лимногляциальных отложений —  $fgl\ Q_{IIIW}$ ;

8) воды спорадического распространения песчаных и супесчаных линз в толще морен —  $gl\ Q_{III}w\ gl\ Q_{II}г$ ;

9) межморенные и подморенные водоносные горизонты —  $agl\ Q_{III-II}w - г$ ;  $agl\ Q_{II-I}г - m$ ,  $agls\ Q$ .

### ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ( $p\ Q_{IV}$ )

Торфяники в пределах Латвии редко залегают крупными массивами, и площади, занятые ими, обычно невелики. Однако суммарно под торфяными болотами занято 10—12% территории республики. Наиболее широко торфяники распространены в Восточно-Латвийской и Средне-Латвийской низменностях, где они образуют несколько крупных промышленных месторождений.

В гидрогеологическом отношении торфяники приурочены к практически не дренируемым междуречьям, к впадинам и понижениям среди холмистых образований последнего оледенения, либо к участкам речных долин в районах слаборасчлененного рельефа.

Водовмещающие породы представлены торфами различной степени разложения (21—52%) мощностью от нескольких сантиметров до 10 м. В болотах верхового типа торфы подстилаются лимногляциальными и флювиогляциальными песками и имеют с ними тесную гидравлическую связь. В болотах низинного типа торфы залегают, как правило, на водоупорных породах (суглинках и глинах) озерно-ледниковых, моренных и др.

Этот принцип положен в основу при разделении болот по условиям питания: болота с атмосферным питанием — верховые и болота с подпитыванием нижележащими водоносными горизонтами — низинные.

Воды современных торфяников безнапорные, глубина уровня 0,1—1 м от поверхности земли, довольно редко до 2 м. Дебиты вод, по данным опробования водопунктов, максимально 0,2—0,3 л/сек. Коэффициенты фильтрации 0,6—0,9 м/сутки.

Воды торфяников пресные, общая минерализация до 0,1 г/л, очень мягкие (общая жесткость 0,5—0,9 мг-экв). В районе Кемери, Балдоне воды торфяников подпитываются сульфатно-кальциевыми водами саргаевского водоносного горизонта, в результате повышается их минерализация (0,3—0,5 г/л) и общая жесткость (2—4 мг-экв). По солевому составу воды торфяников относятся к типу гидрокарбонатно-кальциевых. Грунтовые воды, приуроченные к торфяникам, отмечаются повышенной цветностью (30—100°), специфическим «болотным» запахом, содержат аммиак и нитриты, часто имеют пониженный колититр и повышенную окисляемость, поэтому они, как правило, непригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения и практически не используются.

### ВОДЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭОЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ( $eol\ Q_{IV}$ )

Эоловые пески в большинстве случаев практически безводны, так как в основной области распространения они залегают на песчаных отложениях различных стадий развития Балтийского бассейна, а не перекрывают водоупорные породы. Однако на отдельных участках эоловые отложения содержат воду. Это горизонт капиллярно-связанной влаги, поднимающейся из нижерасположенного водоносного слоя. В. Я. Сталпренс (1954) указывает два основных способа формирования таких горизонтов (или зон):

1) путем капиллярного поднятия из нижерасположенного водоносного слоя;

2) вследствие накопления инфильтрующихся осадков вплоть до появления слоя свободной воды над водоупорным основанием. Мощность такого горизонта определяется высотой капиллярного поднятия в соответствующем грунте и колеблется от 0,2 до 2 м.

В прибрежной полосе в Рижском районе подземные воды эоловых образований встречаются в окрестностях населенных пунктов Гарциемс, Томе и Балдоне, где они используются шахтными колодцами. В северо-восточной части республики (города Карсава, Виляка) скважинами вскрыт водоносный горизонт эоловых песков площадью 10 км<sup>2</sup>. Водовмещающими породами служат мелкозернистые пески мощностью 2—8 м, воды безнапорные. Глубина залегания вод 0,2—5 м (ниже поверхности земли) в зависимости от рельефа. Мощность водоносного горизонта не превышает 3 м. Коэффициент фильтрации 8,1 м/сутки. Максимальный дебит скважин и колодцев достигает 1 л/сек. В долине р. Даугавы, в районе г. Даугавпилса, на месторождении эоловых песков подземные воды вскрыты выработками на глубине 4,7—12 м. Средний дебит 0,04 л/сек. Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-магниево-кальциевые, общая минерализация до 500 мг/л. Воды эоловых отложений практического значения не имеют.

#### ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ НЕРАСЧЛЕНЕННЫХ СОВРЕМЕННО-ДРЕВНЕАЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (at Q<sub>IV+III</sub>)

Подземные воды аллювиальных отложений приурочены к современным и погребенным речным долинам рек Даугавы, Лиелупе, Гауи, Абавы, Венты, Лиела-Юглы, Маза-Юглы и др. Представлены эти отложения в основном мелкозернистыми песками с гравием и галькой, местами глинистыми песками и супесями.

Водовмещающими породами являются песчано-гравийно-галечные отложения, слагающие поймы и террасы речных долин. Мощность аллювиальных образований колеблется от нескольких метров до 40—50 м. Максимальная мощность (50 м) отмечена в районе г. Даугавпилса, в долине р. Даугавы. Подстилаются аллювиальные отложения ледниковыми и водноледниковыми отложениями четвертичного возраста и отложениями девона.

Воды аллювиальных отложений в основном безнапорные, за исключением переуглубленных долин, где воды приобретают напор местного характера. Уровни грунтовых вод располагаются довольно близко от поверхности земли, обычно на глубине 0,5—3 м, где местами аллювиальные отложения перекрыты водоупорными породами, и приобретают напор местного характера, например на правом берегу р. Даугавы, в г. Даугавпилсе. Здесь подземные воды вскрыты скважинами на глубине 6—8 м, напор 5—6 м. В районе песчаного месторождения Сармукалнс (левый берег р. Венты) Салдусского района грунтовые воды вскрыты на глубине 8—14 м, напор 7 м.

Питание аллювиальных отложений осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных водотоков, с которыми подземные воды аллювиальных отложений в большинстве случаев непосредственно гидравлически связаны, а также за счет дренажа девонских водоносных горизонтов, вскрытых долинами.

Режим вод аллювиальных отложений непостоянный и зависит главным образом от режима рек. При повышении уровня воды в реке (весенне-осенние паводки) происходит подпитывание водоносного горизонта, а при понижении (летние и зимние межени) — разгрузка (дренаж). Таким образом, расход подземного потока изменяется не только по величине, но и по знаку. Разгрузка вод происходит в долины рек,

местами в виде нисходящих родников. Родники постояннодействующие и прослеживаются по берегам рек Даугавы, Гауи и др. Дебит родников колеблется от нескольких сотых литра в секунду до 1,3 л/сек. По шахтным колодцам дебиты в бассейне р. Гауи составляют 0,1—0,5 л/сек, в верховьях бассейна р. Даугавы 0,1—0,4 л/сек. По имеющимся данным, в долине р. Абавы расход воды в шахтных колодцах колеблется от 0,1 до 0,4 л/сек, по долине р. Венты и ее притокам от 0,1 до 0,3 л/сек (в шахтных колодцах вследствие заиливания и зарастания стенок получены заниженные дебиты). Дебиты по скважинам в районе Риги, Балдоне, Саулкрасты изменяются от 0,4 до 22 л/сек. Удельные дебиты от 2 до 10 л/сек получены по скважинам в низовьях р. Гауи (на участке Ропажы — Мурьяны).

Воды аллювиальных отложений пресные, умеренно жесткие, мягкие гидрокарбонатно-кальцево-магнєвые, сухой остаток не более 0,6 г/л, общая жесткость до 4—6 мг-экв.

Аллювиальные воды с повышенной минерализацией встречаются в устьях рек Лиелупе, Гауи, Салацы, где обычно происходит подпитывание морской водой во время нагонных процессов. Минерализация здесь достигает 1 г/л и выше, а жесткость — 7 мг-экв. Коэффициенты фильтрации, определенные по данным опытных откачек, изменяются в зависимости от механического состава пород в довольно широких пределах от 10 до 60 м/сутки, а в отдельных случаях составляют 150—190 м/сутки.

Наличие постоянного источника питания, большая мощность водоносного горизонта, высокий коэффициент фильтрации и неглубокое залегание создают благоприятные условия для использования аллювиальных вод в целях водоснабжения.

Воды, приуроченные к древнеаллювиальным отложениям, слагающим террасы р. Даугавы, в районе г. Даугавпилса, служат главным источником централизованного водоснабжения города. Мощность аллювия 18—50 м, ниже по течению р. Даугавы она сокращается до 10 м, меняется гранулометрический состав песков (крупнозернистые пески переходят в тонкозернистые) и изменяется водообильность. Глубина залегания зеркала грунтовых вод от 2 до 4,5 м, удельный дебит 2—5 л/сек, коэффициент фильтрации от 15 до 40 м/сутки в среднем 20 м/сутки, водоотдача пород 0,20. Воды аллювиальных отложений в районе г. Даугавпилса пресные, мягкие и умеренно жесткие (общая жесткость до 3—4 мг-экв), минерализация до 0,4—0,5 г/л и относятся к типу гидрокарбонатно-кальцево-магнєвых вод. По бактериологическим свойствам воды вполне пригодны, колититр более 333.

Перспективны для водоснабжения г. Риги воды аллювиальных отложений рек Гауи (на участке Мурьяны — Ропажы), Лиела-Юглы и Маза-Юглы. Аллювиальные отложения, слагающие поймы и террасы этих рек, представлены разнoзернистыми песками с включениями граия и гальки. Мощность аллювия в долине р. Гауи (участок Мурьяны Ропажы) колеблется от 6 до 30 м, увеличиваясь вниз по течению реки. Грунтовые воды здесь залегают в среднем на глубине 2—5 м, удельный дебит от 2 до 10 л/сек, коэффициент фильтрации от 10 до 60 м/сутки, местами достигая 90 м/сутки. Воды относятся к типу гидрокарбонатно-кальцевых ультрапресных мягких и пресных вод, минерализация не более 0,4 г/л, общая жесткость 2—3 мг-экв. Местами, где воды аллювия подпитываются водами торфяников, наблюдается повышенное содержание аммиака (до 1 мг/л), общего железа (до 2 мг/л) и сероводорода (0,9 мг/л). Колититр в таких случаях низкий (20—60).

Переуглубленные долины (рек Даугавы, Гауи, Венты и Маза-Юглы) обычно заполнены глинами и мелкозернистыми песками, среди которых

встречаются линзы и прослои крупнозернистого песка и галечника. Мощность таких линз и прослоев достигает 8 м (в районе Кокнесе и Адажи). Они вскрываются скважинами на глубине от 7 до 32 м. Подземные воды, заключенные в этих отложениях, обладают местным напором. Удельные дебиты скважин 0,1—3 л/сек. Воды древнеаллювиальных отложений пресные, хотя общая минерализация несколько выше, чем у современно-аллювиальных. Аллювиальные воды пригодны для централизованного водоснабжения и по качествам соответствуют нормам ГОСТ.

#### ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ( $l_{Q_{IV}}$ )

Озерные отложения залегают в понижениях рельефа и представлены пресноводной известью, сапропелем и песчано-глинистыми породами. Водовмещающими являются песчаные разности озерных отложений, водоупорами (при их наличии) — подстилающие глинистые породы.

Мощность водоносных озерных отложений в среднем от 0,1 до 2 м, максимальная (12,5 м) отмечена в северо-восточной части Латвии. Глубина залегания подземных вод от 0,2 до 4,6 м, максимальная установлена также в северо-восточной части республики, в среднем 0,2—1,5 м. Воды озерных отложений безнапорные, питание осуществляется за счет атмосферных осадков, а также путем подпитывания поверхностными водами озер. Дебит вод незначительный в северной и центральной частях Латвии (лишь 0,03 л/сек), на северо-востоке достигает 1 л/сек, в среднем 0,04—0,1 л/сек. Обычно это пресные воды гидрокарбонатно-кальцево-магниевого, реже хлоридно-гидрокарбонатно-магниево-кальцевого. Сухой остаток 0,5—0,9 г/л, воды умеренно жесткие и жесткие (общая жесткость 2—7 мг-экв.).

Воды современных озерных отложений не имеют большого практического значения, иногда они используются для водоснабжения отдельных населенных пунктов в сельской местности (например, районы озер Буртниеки и Лубана северо-западнее г. Салдус).

#### ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ БАЛТИЙСКОГО БАСЕЙНА ( $l_m Q_{IV}$ )

Отложения различных стадий развития Балтийского бассейна (балтийского ледникового озера, анцилового и литоринового морей) прослеживаются вдоль современной линии Рижского залива и Балтийского моря, где они образуют полосу шириной от 2 до 50 км. В рельефе границы стадий развития Балтийского бассейна выражены в виде древних береговых уступов. Гипсометрически выше располагается древняя береговая линия первой стадии — балтийского ледникового озера, ниже — более поздних стадий.

Отложения представлены разномасштабными, местами тонкозернистыми песками и алевритами. Мощность их колеблется в значительных пределах (от нескольких сантиметров до 40—50 м и более). Водовмещающие породы — мелко- и среднезернистые пески с гравием и галькой. Между водовмещающими породами отложений Балтийского бассейна отсутствуют водоупоры и их следует рассматривать как единый водоносный горизонт.

Подземные воды залегают близко от поверхности земли и часто вскрываются колодцами и скважинами на глубинах примерно 1—3 м. Максимальная глубина залегания уровня (до 10 м) отмечена в при-

брежной части района Лимбажи. На Курземском полуострове зеркало грунтовых вод залегает на глубине 1,2—7 м, в Рижском и Елгавском районах 0,2—3 м. Питание отложений Балтийского бассейна происходит за счет атмосферных осадков. В полосе распространения водоносного горизонта величина дебита колеблется в широких пределах. В Тукумском районе максимальный дебит по колодцам и скважинам 0,1—0,5 л/сек. Дебиты по скважинам в районе городов Рига и Юрмала 0,8—3,7 л/сек, а в местах, где имеются крупнозернистые пески и гравийные образования, достигают 6—8 л/сек. Максимальные удельные дебиты, полученные по скважинам, 1—8 л/сек. Разгрузка вод происходит главным образом в Рижский залив и Балтийское море.

Грунтовые воды пресные, мягкие или умеренно жесткие, гидрокарбонатно-кальцево-магниевого. Минерализация подземных вод колеблется от 0,1 до 0,8 г/л, преобладают воды с минерализацией 0,3 г/л. Последние распространены в районе существующих водозаборов Балт-эзерс, Закюмуйжа и междуречье Тумшупе — Криевупе. В отдельных местах района Юрмала вследствие присутствия органических образований в водах установлено повышенное содержание аммиака.

Несколько повышенная минерализация (до 1—1,5 г/л) и жесткость (до 16 мг-экв) отмечается на участках, где подземные воды подпитываются высокоминерализованными водами нижележащих водоносных горизонтов или загрязняются поверхностными сточными водами (по бережье Рижского залива).

В целом воды, приуроченные к отложениям трансгрессий Балтийского бассейна, вполне пригодны для питьевых и хозяйственных нужд. Их широко используют для водоснабжения городов Юрмала, Рига, Лиепая, Вентспилс.

#### ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ НАДМОРЕННЫХ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (*fglQ<sub>IIIW</sub>*)

Надморенные флювиогляциальные отложения довольно широко распространены на территории Латвийской ССР. Они образуют задровые равнины и прослеживаются по долинам стока талых ледниковых вод, наиболее крупные из которых развиты в бассейнах рек Гауи, Абавы, Даугавы. Распространены они и в окрестностях г. Риги — междуречье Гауи и Криевупе-Тумшупе. Кроме того, флювиогляциальные отложения слагают флювиокамы и озы, выраженные в рельефе в виде пологих холмов или холмистых гряд. Крупная озовая гряда Большие Канагари высотой до 30 м, длиной 26 км расположена в бассейне р. Юглы. Представлены флювиогляциальные отложения разнотернистыми, часто крупнотернистыми песками, с явно выраженной косою слоистостью, с линзовидными включениями и прослоями гравийно-галечникового материала.

Мощность водонасыщенных флювиогляциальных образований от нескольких метров до 24 м. Обычно максимальные мощности отмечаются в каменных и озовых холмах. Водоупорные породы — суглинки и глины основной морены, иногда озерно-ледниковые глинистые породы или глины дочетвертичных отложений.

Глубина зеркала грунтовых вод, приуроченных к надморенным флювиогляциальным отложениям, непостоянна. На флювиогляциальных равнинах и в долинах стока талых ледниковых вод глубина залегания грунтовых вод меньше (от 0,2 до 6 м). В камах и озах глубина зеркала вод больше (до 12 м). Кроме того, уровни подвержены сезонным колебаниям, что обусловлено различным количеством выпадающих атмосферных осадков, служащих основным источником питания и восполнения



вод флювиогляциальных отложений. Сезонные колебания незначительны (1—1,5 м).

Воды, развитые в надморенных флювиогляциальных отложениях, безнапорные. Эти отложения представлены хорошо водопроницаемыми породами и обладают хорошей водоотдачей (0,15—0,2). Дебиты колодцев, скважин и родников колеблются в больших пределах и зависят в основном от гранулометрического состава и мощности водоносного пласта. Дебит по колодцам, родникам и скважинам в центральной части Латвии (в районе междуречья Гауи и Б. Юглы) порядка 4—6 л/сек, в районе Краслава, Плявиняс и Гулбене водообильность флювиогляциальных отложений варьирует от 0,01 до 12 л/сек, в западной части, в районе Сабиле-Тукумс, расход воды по скважинам колеблется от 0,1 до 2 л/сек и в северо-восточной части в районе городов Валка, Руена, Цесис и Лимбажи составляет 0,1—0,2 л/сек.

Воды флювиогляциальных отложений дренируются реками и оврагами, образуя постояннодействующие нисходящие источники. В долине р. Абавы расход источников местами достигает 2,5 л/сек. В районе г. Тукумса нисходящие родники наблюдаются по склонам озовых холмов; дебиты их небольшие (от 0,4 до 0,1 л/сек).

Воды пресные, гидрокарбонатно-кальцево-магниево-натриевые, сухой остаток от 0,2 до 0,8 г/л. Общая жесткость от 1 до 8 мг-экв, преобладает до 5 мг-экв, т. е. воды мягкие или умеренно жесткие.

В отдельных местах — в районах Плявиняс и Карсава (северо-восточная часть Латвии) наблюдается повышенная минерализация (до 1,7 г/л). Воды здесь относятся к смешанным (хлоридно-гидрокарбонатно-кальцевым). Повышенная минерализация отмечалась также по колодцам в Тукумском районе (минерализация хлоридно-натриевых вод достигает 2,2 г/л). Очевидно, это связано с загрязнением грунтовых вод поверхностными сточными водами.

Воды, приуроченные к надморенным флювиогляциальным отложениям, используют для водоснабжения отдельных хуторов и населенных пунктов в сельских местностях. Большое значение для водоснабжения грунтовые воды имеют в Рижском районе. Воды, залегающие в разнородных песках мощностью 10—30 м, на междуречье Тумшупе — Криевупе и в районе Ремберги широко используют для централизованного водоснабжения г. Риги. Воды залегают здесь на отметках 2—4 м (ниже поверхности земли), удельные дебиты скважин от 0,9 до 4 л/сек, местами до 6 л/сек. Коэффициенты фильтрации колеблются в больших пределах (от 10 до 100 м/сутки), последние отмечены в гравийно-галечниковых отложениях района Рембергского водозабора. Пресные грунтовые воды мягкие, реже умеренно жесткие, гидрокарбонатно-кальцево-магниево-натриевые, сухой остаток не более 0,4—0,6 г/л.

По результатам химического и бактериологического анализов воды соответствуют нормам ГОСТ для централизованного водоснабжения.

### ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ НАДМОРЕННЫХ ЛИМНОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ( $lg\ Q_{лив}$ )

Лимногляциальные отложения широко распространены в Средне-Латвийской низменности в треугольнике городов Бауска — Рига — Яунелава, в Восточно-Латвийской низменности в районе г. Даугавпилса и оз. Лубана, а также в Восточно-Курземской возвышенности (Кулдигский район).

Мощность лимногляциальных отложений от нескольких метров до 20 м. Водовмещающие породы — мелко- и тонкозернистые пылеватые пески. Средняя мощность водосодержащих пород 3—5 м. Водоупорные

породы — ленточные глины, моренные глины, местами глинистые разновидности дочетвертичных пород. Глубина зеркала грунтовых вод от нескольких сантиметров до 5—12 м, в среднем 2—3 м, максимальная глубина залегания подземных вод (12 м) отмечена в районе г. Краслава. Воды не обладают напором и относятся к типу поровых со свободной поверхностью. Местами при перекрытии песчаных пород глинистыми разновидностями создается местный напор вод.

Питание вод лимногляциальных отложений аналогично другим типам вод четвертичных отложений осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, что обуславливает небольшое (от 0,9 до 2 м) сезонное колебание их уровня.

Водовмещающие породы обладают слабой водоотдачей, что связано с их гранулометрическим составом. Водообильность надморенных лимногляциальных отложений незначительна. Так, дебиты родников не превышают 0,05 л/сек, в среднем 0,02—0,03 л/сек. Дебиты колодцев колеблются от 0,004 до 0,1 л/сек. Несколько выше дебиты скважин (0,3—0,6 л/сек, иногда 1,6—5,5 л/сек).

Воды в основном пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого минерализация 0,1—0,8 г/л. В восточной части республики (города Резекне, Зилупе, Дагда) встречаются воды с минерализацией до 1 г/л, хлоридно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевого. Как правило, повышение минерализации обусловлено местным загрязнением. Общая жесткость вод 4—8 мг-экв, в районе г. Добеле более 8 мг-экв. Воды, приуроченные к надморенным лимногляциальным образованиям, используются лишь для водоснабжения мелких хозяйств.

#### ВОДЫ СПОРАДИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ И СУПЕСЧАНЫХ ЛИНЗ В ТОЛЩЕ МОРЕН ( $gl_{IIIW}$ , $gl_{IIIr}$ )

Моренные отложения, как было указано выше, распространены почти повсеместно на территории Латвии. Воды, содержащиеся в этих отложениях, развиты спорадически и приурочены к линзам песчаных и гравийно-галечниковых пород среди моренных суглинков. Мощность водовмещающих пород незначительная (от 0,1 до 6 м), но местами достигает 29 м (район населенного пункта Валдемарпилс).

Подземные воды в основном безнапорные, но местами приобретают напор до 4—5 м. Глубина уровня вод колеблется от нескольких сантиметров до 20 м, максимальная глубина отмечена на северо-востоке Латвии. Средняя глубина грунтовых вод 3—8 м.

Дебиты вод колеблются в довольно широких пределах. Так, если минимальный дебит колодцев 0,004—0,04 л/сек, а максимальный 0,1 л/сек, то минимальный дебит скважин составляет уже 0,3—0,6 л/сек, максимальный 3,0—6,0 л/сек, а в отдельных скважинах достигает 8—11 и даже 22 л/сек. Такие резкие колебания дебитов связаны, очевидно, с конструктивными особенностями скважин (величина вскрытия водного горизонта, диаметр фильтра и т. д.). Расход родников 0,05—0,5 л/сек, в единичных случаях 5—8 л/сек.

Питание внутриморенных вод осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и подпитывания из нижележащих водоносных горизонтов. Колебания уровня подземных вод составляют 0,9—1,6 м. Подземные воды внутриморенных образований пресные, умеренно жесткие, гидрокарбонатно-кальциевого, реже смешанные хлоридно-карбонатно-натриево-кальциево-магниевого. Общая минерализация 0,2—0,4 г/л. Иногда встречаются воды слабоминерализованные, с сухим остатком до 1,7 г/л, относящиеся к типу смешанных вод. Повышение

минерализации, по-видимому, связано с подпитыванием горизонта поверхностными (сточными) водами.

Подземные воды межморенных отложений используют для водоснабжения сельских местностей.

### МЕЖМОРЕННЫЕ И ПОДМОРЕННЫЕ ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

( $agl Q_{III-IV}^w$  — г,  $agl Q_{II-III}^r$  — м,  $aglsQ$ )

Межморенные отложения развиты довольно широко, однако недостаточно изучены. Сложены они в основном водно-ледниковыми разнотернистыми песками и гравийно-галечниковыми водовмещающими породами. Мощность их изменяется от нескольких метров до 30 м.

Воды, приуроченные к межморенным отложениям, напорные. Глубина залегания подземных вод колеблется от нескольких метров до 70 м, а в эрозионных врезках долины доледникового рельефа достигает 150 м и более (район городов Даугавпилс, Краслава, Акнисте). Преобладающая глубина залегания межморенных вод варьирует от 10 до 100 м. Гидростатический напор их в отдельных местах (по скважинам) достигает 60 м и более.

В Цесисском районе (совхоз Дзербене) межморенные воды были вскрыты на глубине 25—37 м, пьезометрический уровень установился на отметке 10 м (ниже поверхности земли), в г. Талсы на глубине 33—53 м, пьезометрический уровень — 6,3 м, в районе Вентспилса на глубине 73—129 м, пьезометрический — 15 м. В Рижском, Тукумском, Елгавском районах межпластовые воды залегают сравнительно неглубоко (8—12 м, местами 2,5—3 м) и в большинстве случаев имеют незначительные напоры (1—4 м). Небольшие напоры в этих районах обусловлены ограниченным распространением и незначительной мощностью водовмещающих пород, а также неглубоким их залеганием.

Режимных наблюдений по межморенным водоносным горизонтам не проводилось, но, учитывая их непосредственную связь с грунтовыми водами, можно предполагать, что межморенные воды также претерпевают некоторые сезонные колебания.

Питание вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также подпитывания из нижележащих водоносных горизонтов дочетвертичных пород. Дебит вод колеблется в больших пределах (от 0,1 до 10 л/сек).

Межморенные воды пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые, минерализация 0,2—0,8 г/л, умеренно-жесткие (3—7 мг-экв). В районе городов Валмиера и Цесис встречаются также воды с несколько повышенной минерализацией. В районе г. Вентспилса — сульфатно-кальциевые воды с минерализацией 1,5—2,1 г/л и жесткостью более 7 мг-экв. Повышенная минерализация, по-видимому, обусловлена подсосом морских вод, а также подпитыванием из нижележащих водоносных горизонтов.

По данным бактериологического анализа, межпластовые воды удовлетворительного качества, колититр 333.

В районах городов Резекне, Зилупе, Дагда (восточная часть Латвии) вскрыт водоносный горизонт подморенных водно-ледниковых отложений мощностью 5—10 м, глубина уровня вод 1—3 м, дебит (родников) 0,01—0,1 л/сек. Воды гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые, сухой остаток 0,4 г/л.

В районе городов Виляка, Краслава (юго-восточная часть Латвии) вскрыты воды, приуроченные к межморенным водно-ледниковым отложениям, залегающим между вюрм-рисской и рисс-миндельской моренами, с удельным дебитом 0,5 л/сек.

Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевые, сухой остаток 0,3—0,4 г/л. В этом же районе водоносный горизонт мощностью до 21 м, развитый в водно-ледниковых песчаных отложениях, залегающих между рисской и юрмской моренами, содержит воду с удельным дебитом (максимум) 1 л/сек, а в северо-западной части — 0,02—0,2 л/сек. Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые, умеренно жесткие (преобладают первые) минерализация 0,3—0,5 г/л. Подземные воды межморенных отложений используют для водоснабжения в сельской местности.

## ВОДЫ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

На юго-западе Латвии под четвертичным покровом развиты юрские отложения, которые залегают в виде отдельных останцов и представлены мелкозернистыми песками и слабосцементированными песчаниками, глинами и прослоями бурых углей незначительной мощности. Мощность верхнеюрских отложений, вскрытых скважинами, изменяется от 4 до 25 м.

Перекрываются юрские породы четвертичными как водоупорными, так и водопроницаемыми отложениями. Мощность четвертичного покрова изменяется от 1 до 20 м. Абсолютные отметки юрских отложений колеблются от +50 до —20 м. Относительно высокое гипсометрическое положение верхнеюрских отложений наряду с их интенсивной расчлененностью реками оказывает прямое влияние на низкую водообильность пород. Подземные воды дренируются р. Вентой и ее притоками.

Верхнеюрские пески были опробованы откачками в нескольких скважинах и оказались практически безводными. Удельный дебит составит 0,006 л/сек; при понижении уровня воды на 31 м был получен дебит 0,02 л/сек. Статический уровень установился на глубине 3—5 м от поверхности земли. Воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевые. Сухой остаток не более 0,2—0,3 г/л. Практического значения для водоснабжения эти отложения не имеют.

Ниже по разрезу залегают водоупорные породы нижнего триаса, развитые только в юго-западной части Латвии. Это — однообразная красноцветная толща глин и алевролитов с тонкими прослоями песчаников (мощностью 0,3 м), составляющими около 20% разреза. Они не имеют повсеместного распространения и определенного положения в разрезе. Мощность нижнего триаса колеблется от 5 до 85 м. Песчаники были опробованы откачками в единичных скважинах. Дебиты не превысили 0,2 л/сек при понижении уровня воды на 30 м. Воды гидрокарбонатно-кальциевые. Общая минерализация 0,4 г/л. Воды не имеют практического значения вследствие маломощности водовмещающих пород.

Глубина залегания кровли нижнетриасовых отложений изменяется от +50 до —30 м в абс. отм. Нижнетриасовые породы почти на всей площади своего развития играют роль регионального водоупора. Они являются хорошей кровлей для верхнепермского водоносного горизонта и нижнекаменноугольного водоносного комплекса.

## ВОДЫ ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

На юго-западе Латвии распространены верхнепермские отложения, постепенно погружающиеся в южном направлении. Они образуют верхнепермский водоносный горизонт. Водовмещающие породы представлены карбонатными отложениями трещиноватыми известняками с маломощными прослоями доломитов.

Мощность водоносного горизонта в различных частях территории различна и изменяется от 5 до 35 м, увеличиваясь в южном направлении.

В кровле водоносного горизонта на большей площади его развития залегают водоупорные красноцветные глины и алевролиты нижнего триаса, на отдельных участках — супеси и суглинки, лимногляциальные глины, реже флювиогляциальные пески и песчано-гравийные отложения. В подошве водоносного горизонта в большинстве случаев залегают водоносные песчаники нижнего карбона, что обуславливает гидравлическую связь водоносных горизонтов. Это подтверждается одинаковыми пьезометрическими уровнями и единством химического состава вод горизонтов.

Отложения верхней перми полого погружаются в южном направлении. Максимальные абсолютные отметки кровли горизонта в северной части +86 м, минимальные — 100 м (вблизи границы с Литовской ССР). Таким образом, разница в залегании кровли водоносного горизонта около 200 м. Падение пород не превышает 4 м/км. Глубина залегания кровли верхнепермских отложений изменяется от 2—3 м в районе их выхода на дневную и дочетвертичную поверхность до 150 м в южной части республики.

Опытные гидрогеологические работы, проведенные в 60 скважинах, показали, что водообильность горизонта различна в разных частях разреза и на разных площадях в зависимости от коллекторских свойств водовмещающих пород и условий питания. Производительность скважин колеблется в значительных пределах даже на близких расстояниях — от 0,9 л/сек при понижении на 9 м (пос. Нигранде) до 17 л/сек при понижении на 7 м (пос. Айзвики) и 12 л/сек при понижении на 0,3 м (участок месторождения «Кумас»). В среднем удельный дебит 2—3 л/сек.

Максимальная водообильность характерна для той части водоносного горизонта, которая выходит на дочетвертичную поверхность и перекрыта относительно маломощным покровом четвертичных отложений. Водообильность горизонта уменьшается по мере увеличения глубины его залегания. Это, очевидно, связано с затуханием трещиноватости отложений и с литологическим составом водовмещающих пород.

Воды верхнепермского водоносного горизонта напорные. Погружение водоносного горизонта в южном направлении вызывает постепенное возрастание гидравлического напора (от 5 до 100 м). Пьезометрические уровни устанавливаются близко от поверхности земли — от 2 до 25 м. Отдельные скважины, в основном в долинах рек, фонтанируют и уровни устанавливаются на высоте от +2 до +9 м от поверхности земли.

Направление движения вод юго-западное в сторону центральной части Балтийской синеклизы. Главной естественной дренажной является Балтийское море. Кроме того, они дренируются родниками в долине р. Вирги.

Воды гидрокарбонатно-кальциевые. Минерализация изменяется в узких пределах. Сухой остаток не более 0,2—0,4 г/л. Общая жесткость воды максимальная 6,9 мг-экв, минимальная 3,9 мг-экв. Вредные примеси не обнаружены. Микрокомпонентный состав соответствует нормальному.

Подземные воды верхнепермских отложений являются важным источником водоснабжения населенных пунктов, колхозных и совхозных ферм. В северной части развития водоносного горизонта благодаря благоприятным гидрогеологическим условиям воды могут быть использованы и для централизованного водоснабжения г. Лиепая. В скважине, пробуренной вблизи населенного пункта Барта, удельный дебит соста-

вил 4,2 л/сек. Глубина скважин не будет превышать 50—60 м. Пьезометрический уровень устанавливается на глубине 7 м. Участок может быть рекомендован для постановки разведочных работ с целью выяснения общих перспектив для водоснабжения города, отстоящего от него на 20 км.

## ВОДЫ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Нижнекаменноугольные отложения развиты в юго-западной части Латвийской ССР. Представлены они переслаивающимися песчаниками, алевролитами, глинами, мергелями, песчанистыми доломитами и песчаниками. Мощность пачки увеличивается от 14 до 142 м в южном направлении. Вся эта толща представляет нижнекаменноугольный водоносный комплекс, который вскрыт и опробован большим количеством скважин (табл. 7), а также изучен по имеющимся родникам в долинах рек Вента, Летижь, Берзень, Цицере.

Водовмещающая часть комплекса составляет 70—80% и уменьшается до 5—20% к северу и востоку, где развиты глинисто-карбонатные и глинисто-песчаные отложения.

Среди водовмещающих пород преобладают песчаники мелкозернистые, слабосцементированные, глинистые. Иногда встречаются пески или песчаники крепкосцементированные, трещиноватые, кавернозные. Диаметр каверн 1—5 см. Коэффициент фильтрации песчаников колеблется от 0,5 до 5 м/сутки. Подчиненное значение среди водовмещающих пород имеют трещиноватые песчанистые доломиты и маломощные (3—4 м) прослои пористых известняков.

Переменяемость пород нижнекаменноугольных отложений указывает на наличие в комплексе отдельных водоносных слоев, гидравлически связанных по всей площади.

Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 10 до 120 м. Абсолютные отметки кровли в районах возвышенностей 56—90 м, к югу, в сторону центра Балтийской синеклизы, наблюдается погружение пород. Абсолютные отметки кровли фиксируются на глубинах минус 120—130 м.

Воды комплекса повсеместно напорные. Положение их уровня зависит от рельефа местности. На возвышенных участках уровень вод устанавливается на глубине 26—28 м. В понижениях рельефа и в долинах рек глубина уровня 0,4—2 м, а в Приморской низменности имеются самоизливающие скважины (уровень +1,25 м, скважина в окрестностях населенного пункта Ницы). В целом отмечается понижение пьезометрического уровня со стороны Средне-Латвийской возвышенности в западном, юго-западном и юго-восточном направлениях.

Пьезометрический уклон равен 0,002. Результаты опробования скважин показали, что их производительность зависит от количества вскрытых водоносных слоев. Наиболее высокая производительность скважин установлена в окраинных участках распространения комплекса (города Лиепая, Дурбе, Скрунда, Ауце), где опробована средняя часть комплекса, сложенная доломитовыми песчаниками. Дебиты скважин достигают 10—12 л/сек при понижениях 6—8 м и удельных дебитах 1,0—3,0 л/сек. Скважины, вскрывающие верхнюю часть комплекса и самые низы его, отличаются низкой производительностью. Дебиты их не превышают 2,5 л/сек при понижениях 23—32 м.

Основная область питания водоносного комплекса находится в районах выхода его на дочетвертичную поверхность. В местах перекрытия его пермскими известняками наблюдается их гидростатическая взаимосвязь.

Таблица 7

## Характеристика вод каменноугольных отложений по данным бурения

Номер скважины по карте, местоположение скважины	Глубина залегания, м	Глубина статического уровня, м	Дебит, л/сек	Удельный дебит, л/сек
	Порода	Абсолютная отметка статического уровня, м	Понижение, м	
28, Лиепайский район, населенный пункт Калнишки	89—123 песчаник	5,1 6,2	1,7 8,3	0,2
610*, Лиепайский район, г. Дурбе, ул. Райня, 31	22—42 песчаник	7 30,5	5 4,5	1,1
9*, Лиепайский район, с. Тадайки, хут. Варве	33—95 песчаник	0,4 38,5	5,8 8,2	0,7
708*, Лиепайский район	21—45 песчаник	2,7 0,7	3,1 2,4	1,3
24, Лиепайский район, пос. Бернаты, пионерский лагерь	45—96 песчаник	10,9 1,1	3,2 3,9	0,8
23, Лиепайский район, с. Эмбуле, хут. Деселе	98—129 песчаник	19,6 113,4	1,7 12,2	0,14
21, Лиепайский район, с. Отаньки	20—117 песчаник	0,8 3,2	20 9,2	2,2
2106**, Добельский район, опытное хозяйство „Вецауце“	32—43 песчаник	4 96	2,2 0,4	5,5
711*, Лиепайский район, с. Дунина, хут. Федерты	73—120 песчаник	18 23,5	3 3	1,0
1772**, Кулдигский район, пос. Руд- баржи, сыроваренный завод	Нет данных	26 59	10 8,5	1,1
1407**, Салдусский район, с. Блуде- не, сельхозартель „Виениба“, ул. Буки	56—80 песчаник и доломит	16 112	3 6	0,5
2366**, Салдусский район, пос. Скрунда	45—70 песчаник	1,5 Нет данных	3 3,5	0,8
2360**, Салдусский район, с. Лут- рини	41—75 песчаник	•	2 2,7	0,8
48, Салдусский район, с. Новадни- еки, сельхозартель, ферма Тунни	31—45 песчаник	11,0 98,0	5 5	1,0
1443**, г. Салдус, спиртзавод	30—38 песчаник	+3 101	5 1,6	3,1
1429**, Салдусский район, с. Ремте, хут. Рацени	22—46 песчаник	11,6 114,4	3,3 3,3	1,0

\* Съёмочные скважины

\*\* Кадастровые скважины

Нижняя часть водоносного комплекса широко используется для водоснабжения в Лиепайском, Салдусском и частично Добельском районах.

В практике водоснабжения очень часто эксплуатационные скважины вскрывают совместно нижнекаменноугольный и фаменский ком-

плексы. В подобных случаях наибольшие дебиты дают скважины, совместно эксплуатирующие водоносные слои, приуроченные к доломитовым песчаникам и доломитам (шкервельские и капседско-жагарские слои).

Водоносный комплекс находится в зоне свободного водообмена, воды пресные гидрокарбонатно-кальцево-магниевого, минерализация 0,2—0,5 г/л. Воды умеренно жесткие; общая жесткость от 3 до 8,5 мг-экв.

## ВОДЫ ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

### ФАМЕНСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС

Отложения фаменского яруса развиты в юго-западной части Латвийской ССР и представлены чередующимися карбонатными и песчано-глинистыми породами, не выдержанными в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Гидрогеологическая изученность отдельных частей территории распространения этих отложений различна. В западной части (западнее р. Венты) Приморской партией УГиОН при Совете Министров Латвийской ССР в 1961—1962 гг. произведена комплексная геолого-гидрогеологическая съемка в масштабе 1:200 000, а для остальной части исходным гидрогеологическим материалом служат лишь эксплуатационные скважины на воду и одна разведочная скважина в районе населенного пункта Кроньяуце. Глубокие (структурные) скважины в большинстве случаев бурились без керна и без опробования девонских водоносных горизонтов. Таким образом, изменчивость литологического состава фаменских отложений и недостаточная их гидрогеологическая изученность в целом не позволяют выделить отдельные водоносные горизонты, и они рассматриваются как единый фаменский (данковско-елецкий) водоносный комплекс. Лишь на небольшой площади в западной части распространения комплекса съемочными работами выделены два водоносных горизонта — данковский и лебедянско-елецкий.

Фаменский водоносный комплекс включает данковский, лебедянский, елецкий и чимаевский стратиграфические горизонты.

Глинисто-мергелистая пачка чимаевского горизонта мощностью 7—18 м в основном служит водоупорной подошвой фаменского водоносного комплекса. В кровле залегают песчано-глинистые отложения нижнего карбона и четвертичные отложения. Северная граница распространения комплекса начинается от Балтийского моря по линии Вергале (севернее г. Лиепая) — Маткуле (южнее г. Сабиле) — Елгава-Бауска и продолжается на территории Литовской ССР.

По литологическому составу и коллекторским свойствам водоносный комплекс разделяется на три части, характеризующиеся сходными пьезометрическими уровнями и химическим составом воды.

Верхняя, относительно маломощная часть комплекса (от 8 до 21 м), сложена песчаными и алевроитовыми доломитами с прослоями доломитовых песчаников и мергелей. Эта часть наиболее водообильна и четко выделяется в разрезе фаменских отложений на западе территории, где она представлена кавернозными, более чистыми по химическому составу доломитами. Типичный разрез имеется у населенного пункта Капседа и около г. Лиепая (капседско-жагарские слои, рис. 7). В восточном направлении вследствие фациальных изменений в разрезе капседско-жагарских слоев увеличивается содержание глинисто-песчаных разностей, и граница между девонскими и перекрывающими их карбо-



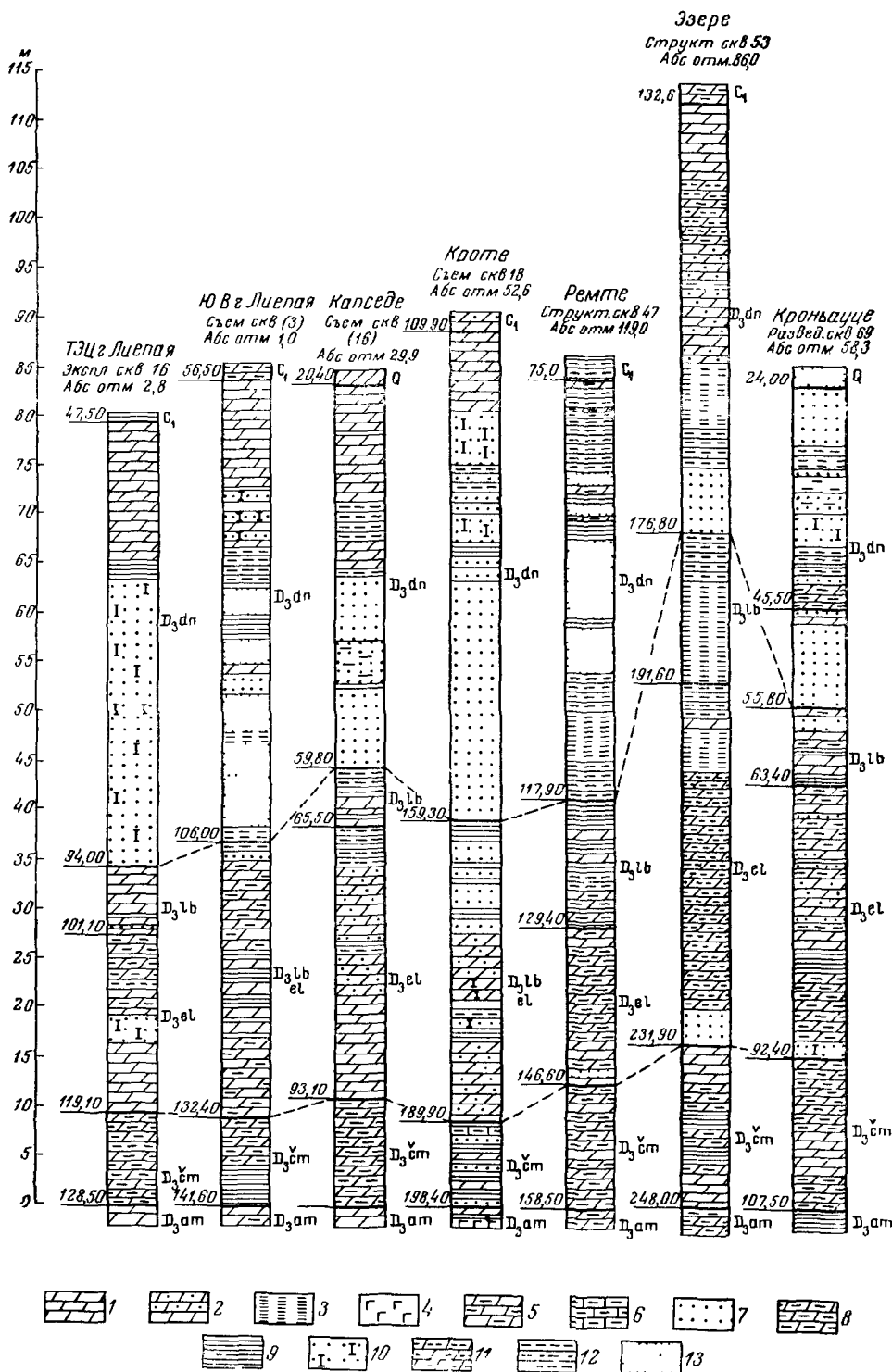


Рис. 7. Разрезы фаменского яруса.

1 — доломит; 2 — доломит песчаный; 3 — алевролит; 4 — гипс; 5 — доломит глинистый; 6 — мергель; 7 — песчаник; 8 — мергель доломитовый; 9 — глина; 10 — песчаник доломитовый; 11 — доломит алевроитовый; 12 — глина алевроитовая; 13 — песок. Цифры у колонок указывают глубину в м от поверхности земли.

новыми отложениями литологически выражена слабо (Ремте, см. рис. 7).

Средняя часть комплекса мощностью 35—41 м представлена преимущественно песчаниками, характеризующимися разной степенью цементации и различной зернистостью, с прослоями глины, алевроита и доломитовых мергелей (светеские и мурские слои). В западной части — крепкоцементированные песчаники пористые, кавернозные. В восточном направлении в разрезе увеличивается содержание глинисто-алевритовых отложений.

Верхняя и средняя части комплекса соответствуют данковскому стратиграфическому горизонту общей мощностью 43—60 м.

В нижней части комплекса преобладают песчаные доломиты мощностью 21—55 м. В разрезе имеются также песчаники разной твердости, доломитовые мергели и алевролиты. Водовмещающие породы — доломиты и песчаники неравномерно пористые и кавернозные. В окрестностях г. Добеле эта часть комплекса (средняя и верхняя части отсутствуют) представлена главным образом кавернозными доломитами, залегающими непосредственно под четвертичным чехлом и обладающими довольно высокими коллекторскими свойствами.

Нижняя часть соответствует лебедянскому и елецкому стратиграфическим горизонтам; они сходны по литологическому составу, поэтому граница между лебедянским (иногда более глинистым) и елецким (более карбонатным) горизонтами выражена слабо или вообще не прослеживается.

Полная мощность фаменского водоносного комплекса колеблется от 70 до 115 м (рис. 8). Она возрастает в южном направлении, достигая в окрестностях Эзере наибольшей величины — 115 м, в юго-западном направлении у населенного пункта Скуодас — 95 м. В районе г. Добеле мощности комплекса резко колеблются, что, вероятно, связано с древней эрозионной деятельностью р. Берзе и ее притоков. Севернее г. Линая отложения комплекса отсутствуют в результате абразионной деятельности моря.

Мощность водовмещающих пород очень изменчива. В западной части она составляет 70—95% разреза, в восточной части уменьшается.

Глубина залегания кровли водоносного комплекса изменяется от 0,2 до 233 м от поверхности земли (рис. 9). Породы комплекса выходят на поверхность на северо-западе — район Капседа — и прослеживаются в долинах рек Вента, Акмене, Тебра, Имула, Свете, Тервете и др. Кровля погружается в юго-западном направлении. На дочетвертичную поверхность породы выходят полосой, простирающейся в меридиональном направлении, ширина ее в западной части 10—15 км, в восточной 25—30 км. Мощность четвертичных отложений здесь в основном 10—20 м. В районах возвышенностей и в пределах эрозионной долины р. Берзе она возрастает до 30—50 м.

К югу комплекс перекрывается глинисто-песчаными и карбонатными отложениями карбона, которые, приближаясь к границе Литвы, в свою очередь перекрываются пермскими, триасовыми и юрскими отложениями. По мере погружения слоев в юго-западном направлении, к центру Балтийской синеклизы глубина залегания кровли возрастает, достигая на южных участках Вайнеде — Скуодас — Руцава 190—233 м (—169 и —216 м абс. отм.). Таким образом, величина падения составляет 4—5 м/км.

Воды комплекса обладают повсеместным напором, за исключением района Капседа, где они имеют свободную поверхность. Напор от 4 м в восточной и северной частях территории возрастает по мере погружения водоносных слоев в юго-западном направлении до 206 м (Скуодас) и 226 м (Руцава).

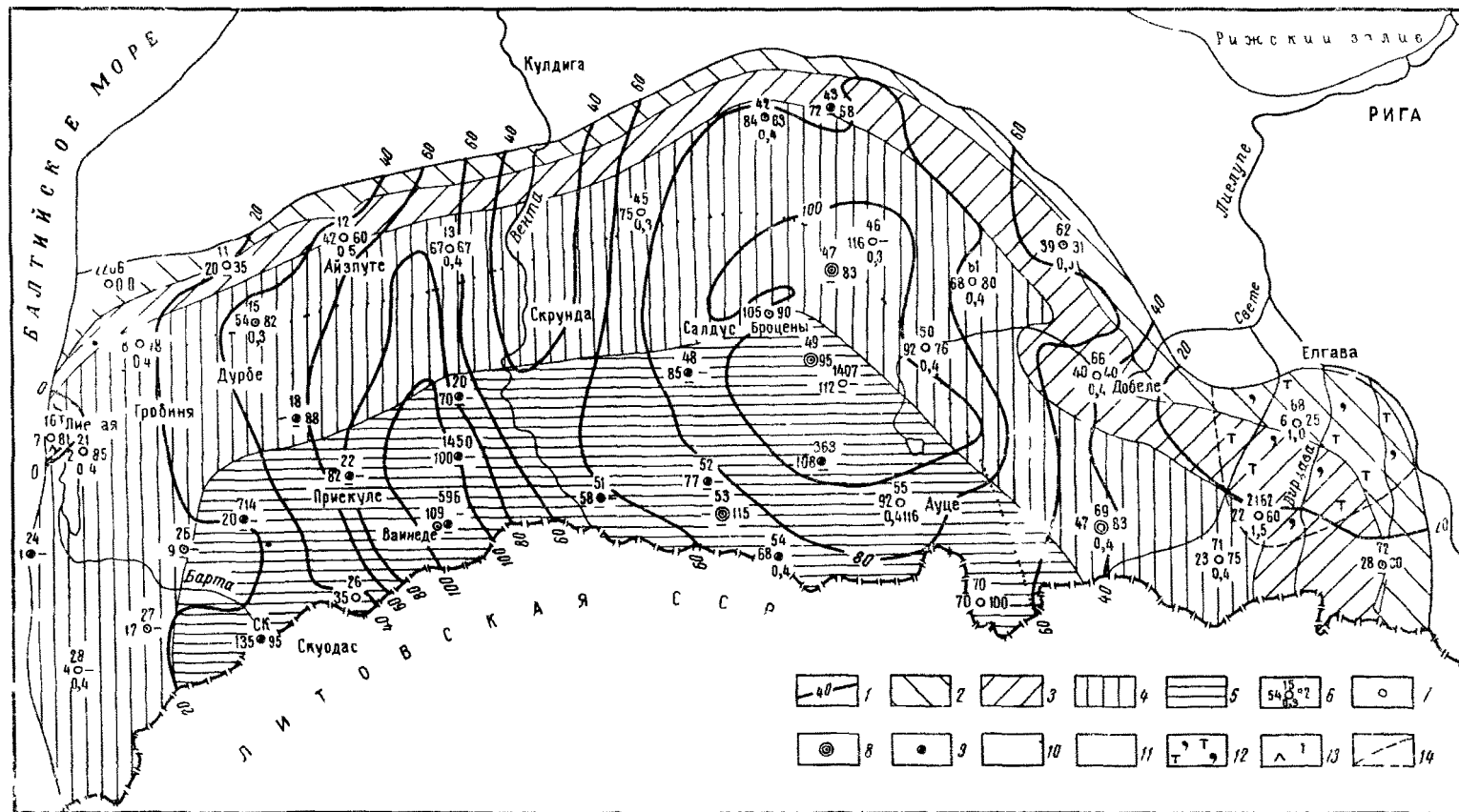


Рис 8 Схематическая карта гидроизопьез, мощностей и химического состава фаменского водоносного комплекса

1 — гидроизопьезы проведенные через 20 м мощность комплекса 2 — от 0 до 30 м 3 — от 30 до 60 м 4 — от 60 до 90 м 5 — от 90 до 120 м 6 — скважина сверху номер по каталогу (скважины с нумерацией свыше 100 — по кадастру Геолфонда) слева — пьезометрический уровень в абс. отн. в м справа — мощность комплекса в м внизу — минерализация в г/л 7 — скважина съемочная или эксплуатационная на воду 8 — скважина структурная или разведочная 9 — скважина в которой уровень воды определен путем экстраполяции 10 — линия севернее которой фаменские отложения выходят на дс четвертичную поверхность и не имеют полной мощности 11 — гидрокарбонатно кальциево магнелиевые воды с минерализацией до 0,5 г/л, 12 — сульфатно гидрокарбонатно кальциево магнелиевые воды с минерализацией от 0,5 до 3 г/л 13 — хлоридно натриевые воды с минерализацией от 1 до 10 г/л 14 — граница зон различного химического состава

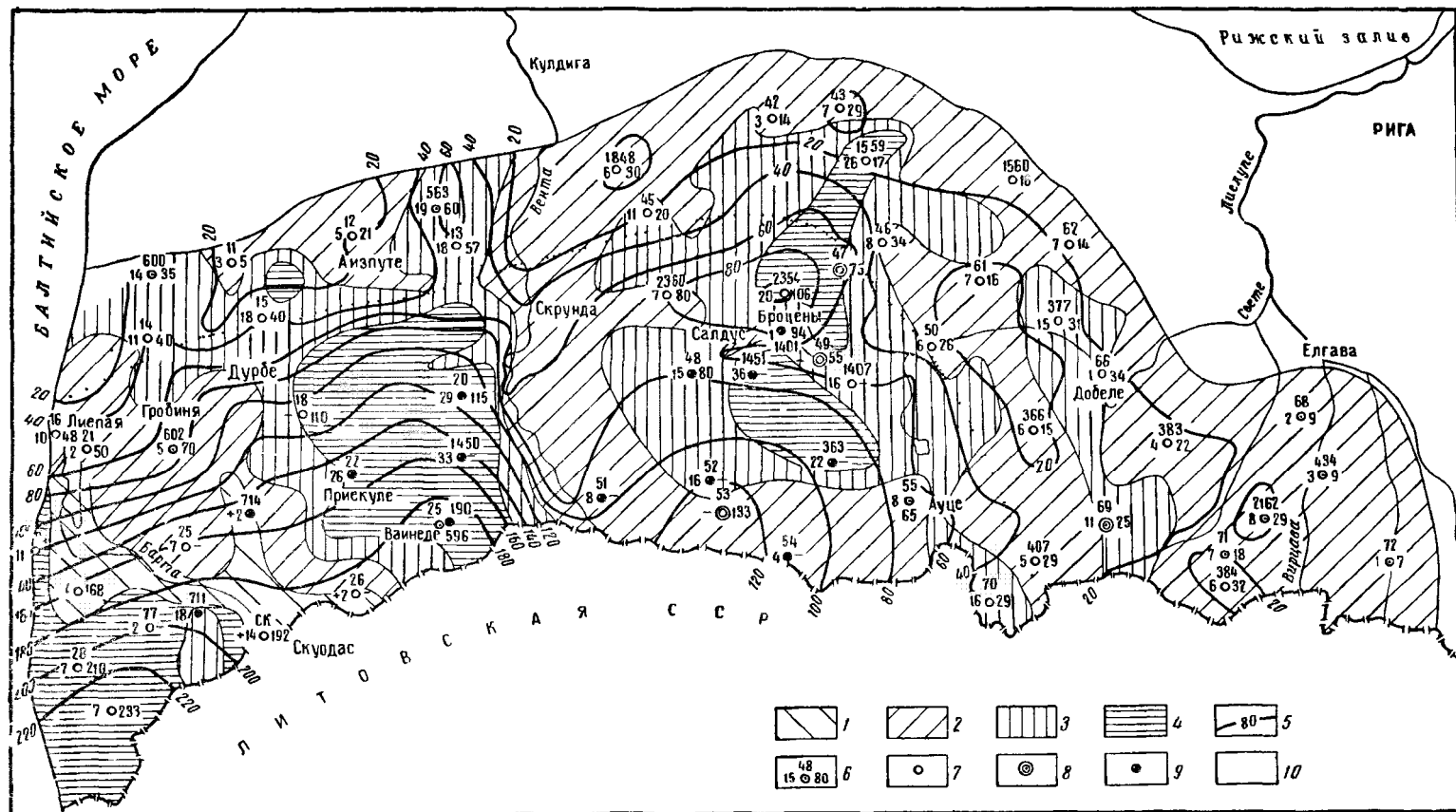


Рис 9 Схематическая карта глубин залегания уровня воды и кровли фаменского водоносного комплекса от поверхности земли. Глубина залегания уровня 1 — самонизлив, 2 — от 0 до 10 м, 3 — от 10 до 20 м, 4 — ниже 20 м, 5 — изолинии глубин залегания кровли, проведенные через 20 м, 6 — скважина, номер по каталогу (скважины с нумерацией выше 100 — по кадастру Геолфонда), слева — глубина залегания уровня воды в м, справа — глубина залегания кровли в м, 7 — скважина картировочная или эксплуатационная на воду, 8 — скважина структурная или разведочная, 9 — скважина, в которой уровень водоносного комплекса определен путем экстраполяции, 10 — линия, севернее которой фаменские отложения выходят на дочетвертичную поверхность и не имеют полиф. мощности.

На западе территории комплекс не имеет выдержанных водоупоров, вследствие чего все его части гидравлически связаны. Это подтверждается результатами длительных режимных наблюдений Лиепайской партии (1963). Изучены интервалы на глубине 40—110 м в окрестностях г. Лиепая. Установлено, что колебания уровней однотипны не только в пределах слоев описываемого комплекса, но и между девонскими и карбоновыми водоносными горизонтами, так как и между этими отложениями отсутствует выдержанный водоупор. Наибольшая разница пьезометрических уровней между верхней и нижней частями комплекса 1—6 м.

Изменения пьезометрических уровней вышележащих водоносных горизонтов (карбонового, пермского) и нижележащего фаменского по площади сходны, однако уровни последнего относительно выше на низменных участках и ниже на возвышенностях. Разница отметок уровней обычно не превышает 5—10 м. С учетом этой закономерности путем экстраполяции получены приближенные данные об уровнях описываемого комплекса в районах, для которых имелись сведения лишь по другим горизонтам, и составлены карты гидроизопьез (см. рис. 8, 9). Положение уровня комплекса зависит от рельефа поверхности земли, что отчетливо отражается на картах.

На карте относительных отметок видно, что наибольшую площадь занимают участки с пьезометрическими уровнями до 10 м от поверхности земли (Западно- и Средне-Латвийская низменности). В долине р. Барта отмечаются самоизливающиеся воды (Скуодас +14 м, Ница +4 м). По направлению к Западно- и Восточно-Курземской возвышенностям глубина уровней увеличивается и в центральных частях она достигает 40 м от поверхности земли.

Характеристика положения пьезометрических уровней (в абсолютных отметках) дается ниже при описании питания и разгрузки вод комплекса.

Фациальная изменчивость пород фаменского яруса и неравномерное распределение пор, каверн и трещин обуславливают значительные колебания водообильности и фильтрационных свойств фаменского водоносного комплекса.

О водообильности западной части территории республики можно судить по результатам опробования скважин, произведенного Приморской партией. В пределах комплекса съемочными работами выделены два водоносных горизонта — данковский и лебедянско-елецкий.

Водообильность данковского горизонта увеличивается с востока на запад. Наибольшая производительность скважин отмечается там, где горизонт находится ближе к поверхности земли. В этих районах породы наиболее кавернозны и трещиноваты, что улучшает их коллекторские свойства. В районе г. Лиепая удельные дебиты достигают 3 л/сек. Значительные дебиты получены также к югу и юго-востоку от г. Лиепая: 13,3 л/сек при понижении 5,2 м в Наплаке и 13,4 л/сек при понижении 18 м в Нице. В восточных и южных районах закартированной территории удельные дебиты падают до 0,1—0,7 л/сек.

Коэффициент фильтрации данковского горизонта колеблется от 2,7 до 49,2 м/сутки. Наибольшие величины отмечены в северо-западной части территории (Лиепая, Капседа), наименьшие — в восточной части (Илмая, Калване).

Лебедянско-елецкий водоносный горизонт опробован Приморской партией лишь в одной скважине в населенном пункте Капседе, где был получен дебит 2,1 л/сек при понижении 4,2 м. Производительность скважины в районе Аланды, вблизи Гробиня, пробуренной институтом «Гидроэнергопроект» (1949), составила 3,5 л/сек при понижении 3,9 м.

В восточной части распространения комплекса этот горизонт выделяется только в окрестностях г Добеле, где он имеет наибольшее значение как источник водоснабжения. По данным эксплуатационных скважин дебиты горизонта 2—10 л/сек, удельные дебиты 0,5—5 л/сек.

Примерно в 20 км к югу от г Добеле в разведочной скважине Кроньяуце (№ 69) этот горизонт в интервале 62—100 м оказался практически безводным, а из вышележащих пород, соответствующих данковскому горизонту, в интервале 45—62 м, было получено лишь 0,6 л/сек при понижении 8 м. Учитывая литологический состав, а также данные структурных скважин, в районе Ремте и Эзере (см рис 7—скв 47, 53) можно ожидать подобных результатов.

На цементном заводе Бронцы в целях увеличения производительности эксплуатационной скважины водоносный комплекс вскрыт на всю мощность (вместе с карбоновым горизонтом длина фильтра 100 м), получен дебит 14,3 л/сек при понижении 5 м.

Питание фаменского комплекса происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на приподнятых участках между Балтийским морем и долиной р Венты и в междуречье Венты и Лиелупе, где водоносные породы выходят на дневную поверхность или неглубоко залегают. На этих участках отмечаются максимальные абсолютные отметки пьезометрических уровней (109—117 м), что видно на карте гидроизопьез (см рис 8).

Разгрузка вод комплекса происходит в сторону Балтийского моря, где пьезометрические уровни, постепенно понижаясь, достигают уровня моря. В приморском городе Лиепая в результате усиленной эксплуатации водоносного комплекса образовалась депрессионная воронка с пьезометрическими уровнями 5—7 м ниже уровня моря. Амплитуда падения уровня воды в сторону моря составляет 100 м на 50 км, пьезометрический уклон равен 0,002.

Областью разгрузки является также долина р Венты, где абсолютные отметки пьезометрической поверхности снижаются до +26 м. В восточном направлении падение уровней происходит в сторону бассейна р Лиелупе. Водоносные породы здесь вскрыты эрозионной сетью, имеются многочисленные обнажения, величины пьезометров снижаются до +6 м.

Воды фаменского комплекса пресные гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые. Общая минерализация их менее 1 г/л, обычно 0,3—0,5 г/л. Общая жесткость от 4 до 9 мг-экв. Воды нижней части комплекса южнее городов Добеле и Елгавы иногда отличаются наиболее высокой минерализацией (0,9—1,6 г/л) за счет сульфатов. Это можно объяснить притоком вод из нижележащего загипсованного амулско-саргаевского водоносного комплекса, так как водоупор чимаевских слоев не везде выдержанный.

Бактериальный состав воды соответствует санитарным нормам на питьевую воду. В г Лиепая установлено химическое загрязнение воды вследствие поступления морских вод в эксплуатационный водоносный горизонт.

До 1961 г единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и промышленных предприятий г Лиепая являлись воды капседско-жагарских слоев. В результате роста водопотребления и отсутствия концентрированного водозабора, отнесенного на достаточное расстояние от моря, в городе наблюдается непрерывное снижение уровня напорных вод эксплуатируемого горизонта и существенное повышение их минерализации. По данным Лиепайской партии, с 1951 по 1961 г уровень в центре депрессии снизился на 3,5 м, достигнув 7,4 м абс. отм. Минерализация за счет хлоридов сильно возросла,

особенно в северной части города. На сравнительно небольшом расстоянии тип воды изменился от гидрокарбонатно-кальцево-магниевого с минерализацией 0,3—0,6 г/л до хлоридно-натриевого с минерализацией 3—4 г/л.

Источником централизованного водоснабжения служат воды нижней части карбонового и всего данковского горизонта на участке водозабора, расположенного за пределами города, вдали от моря, где при водоотборе, не превышающем 8,5 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, изменений в составе воды вследствие подсоса не отмечается, и она удовлетворяет требованиям ГОСТ.

Воды фаменского комплекса широко эксплуатируются, особенно в местах выхода отложений на субчетвертичную поверхность. На фаменских водах базируется водоснабжение городов Айзпуре, Добеле, отдельных населенных пунктов, колхозов, совхозов. Многочисленные скважины эксплуатируют воды комплекса совместно с водами нижнего карбона (в рабочем поселке Броцены, городах Салдус, Скрунда, Ауце и др.).

Заключенные в капседско-жагарских слоях воды (кроме г. Лиепая и его окрестностей) являются основным источником водоснабжения городов Гробиня, Дурбе. Для сооружения водозаборов здесь не требуется больших затрат благодаря неглубокому залеганию и устойчивости водовмещающих пород, поэтому каждый колхоз имеет сравнительно большое количество скважин в окрестностях Капседы (на фермах, пастбищах и т. д.). В южной и юго-западной частях территории республики водоносный комплекс погружается и значение его для мелких водопотребителей утрачивается.

Следует отметить, что фаменский водоносный комплекс по сравнению с другими водоносными комплексами территории республики менее водообильный. Водообильность отдельных комплексов характеризуется величинами водопроводимости (*km*), для описываемого комплекса она составляет 200—500 м<sup>2</sup>/сутки, в то время как другие комплексы, особенно в восточной части Латвии, характеризуются величинами водопроводимости от 500 до 1600 м<sup>2</sup>/сутки. Несмотря на такие показатели водопроводимости, модуль эксплуатационных ресурсов комплекса (вместе с нижнекаменноугольным водоносным комплексом) составляет 1,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup> и соответствует модулям восточной части территории, что обуславливается возможностью использования водовмещающих пород при максимальном понижении уровней до кровли с последующим частичным осушением комплекса. Таким образом, фаменский водоносный комплекс содержит большие перспективные резервы хорошей питьевой воды и может быть рекомендован в этой части Латвии для постановки поисково-разведочных работ с целью водоснабжения промышленных центров, совхозов и колхозов.

### **ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ, КОМПЛЕКСЫ И ВОДОУПОРЫ КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ ФРАНСКОГО ЯРУСА**

В западной части Латвии (Польско-Литовский артезианский бассейн) ниже фаменских отложений залегает мощная карбонатно-глинистая загипсованная толща амулского, ловатского, памушского, бурегского, семилукского и саргаевского горизонтов. В этой толще, пестрой по литологическому составу и на отдельных участках мало изученной, не представляется возможным выделить отдельные водоносные горизонты, поэтому она рассматривается в целом как амулско-саргаевский комплекс с водами спорадического распространения.

По направлению к востоку, в центральной и северо-восточной частях Латвии (Латвийский артезианский бассейн), карбонатная толща огли-

чается более выдержанным фациальным составом, что позволяет выделить в ней отдельные водоносные горизонты: памушский, бургеско-семи-лукский и саргаевский. Отложения ловатского горизонта залегают изолированно, отдельными останцами мощностью до 3 м, поэтому приуро-

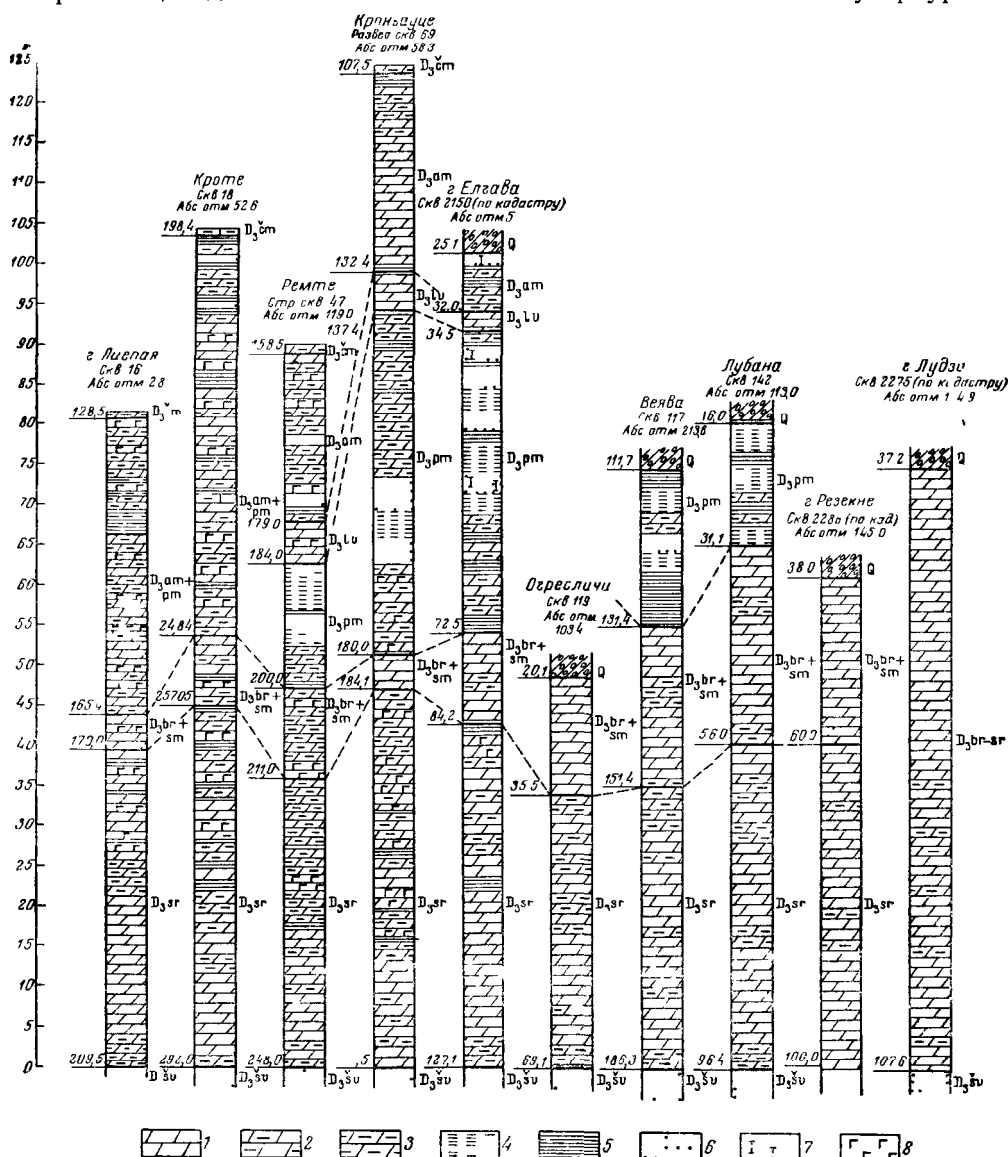


Рис 10 Разрезы карбонатной толщи франского яруса

1 — доломит 2 — доломит глинистый 3 — мергель доломитовый 4 — алевролит 5 — глина 6 — песчаники 7 — песчаник доломитовый 8 — гипс

ченные к нему воды в самостоятельный водоносный горизонт не выделяются, а объединяются с нижезалегающим памушским водоносным горизонтом

На востоке Латвии (см гидрогеологическую карту) в разрезе семилукского и саргаевского горизонтов мощность глинисто-мергелистых отложений уменьшается. Маломощные, плохо выдержанные прослойки глин не могут обеспечить достаточную гидроизоляцию, поэтому воды,



приуроченные к бургским, семилукским и саргаевским карбонатным породам, представляют единый бургско-саргаевский водоносный комплекс (рис. 10).

### АМУЛСКО-САРГАЕВСКИЙ КОМПЛЕКС С ВОДАМИ СПОРАДИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Амулско-саргаевский комплекс распространен в западной части Латвии, кроме северной окраины Курземского полуострова. Воды приурочены к прослоям и линзам доломитов, песчаников и гипсов, залегающих среди глинисто-мергелистых пород. Спорадический характер распространения вод обусловлен литологической невыдержанностью пород как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

В гидрогеологическом отношении амулско-саргаевский водоносный комплекс изучен слабо, и описание его произведено по небольшому количеству скважин.

Мощность комплекса увеличивается по мере погружения его с севера на юг от нескольких метров до 110 м (Эзере), а в широтном направлении — с запада на восток от 80 м (Лиепая) до 102 м (Елгава). Мощность водовмещающих пород составляет 20—35% от общей мощности комплекса. Доломиты слаботрешиноваты и обладают низкими коллекторскими свойствами. Прослой гипса наблюдаются по всему разрезу, кроме нижней части саргаевского горизонта. Прослой песчаников прослеживаются в памушском горизонте и в меньшей степени — в амулском. Мощность песчаников возрастает по направлению к востоку, и в районах городов Тукумс — Елгава — Бауска достигает 30—40% от общей мощности амулско-памушских отложений. Песчаники и пески преимущественно мелкозернистые, иногда алевролитистые и глинистые.

В южной части развития комплекса в кровле залегают глины и доломитовые мергели чимаевского горизонта верхнего девона мощностью 7—18 м, которые являются относительным водоупором; в северной части водоупором служат глингенные отложения. Водоупорным ложем для комплекса являются доломитовые мергели и глины, залегающие в подошве саргаевского и в кровле швентойского горизонтов.

Глубина залегания кровли на разных участках различна и определяется в основном мощностью перекрывающих комплекс более молодых отложений. В северной части она незначительна — от нескольких метров до 20—30 м, а в южных и юго-западных районах — от 133 м (Лиепая, Блидене) до 250 м (Эзере). Общее погружение карбонатных пород франского яруса происходит в юго-западном направлении. Так, в Сабиле абс. отм. кровли +26, Ремте — 38, Эзере — 170.

Воды амулско-саргаевских отложений напорные. В местах неглубокого залегания комплекса напоры не превышают 20—30 м (Бауска, Елгава, Кулдига, Калнциемс и др.), с погружением водовмещающих пород возрастают до 60—100 м и более (Занте). Пьезометрические уровни вод находятся на глубинах 1—15 м.

Водообильность комплекса в целом незначительна. Наиболее слабой водоотдачей характеризуются породы в западной части республики, особенно в юго-западной, где в разрезе преобладают глины и мергели. Удельные дебиты скважин, пройденных на воды комплекса, в этой части бассейна колеблются от сотых до десятых долей литра в секунду, кроме того, встречаются участки практически безводные.

Водообильность пород отдельных частей амулско-саргаевского комплекса на северо-западе Польско-Литовского артезианского бассейна характеризуют данные табл. 8.

Таблица 8

## Водообильность пород амулско-саргаевского комплекса

Стратиграфический горизонт	Водовмещающие породы	Номер скважины	Понижение, м	Дебит, л/сек	Удельный дебит, л/сек
Амулский	Доломиты, песчаники	1547	4,7	1,6	0,84
Памушский	Песчаники, доломиты	561	2,3	0,7	0,30
Саргаевский	Доломиты	2206	17,0	1,2	0,07

В восточной части бассейна водообильность пород верхних горизонтов карбонатной пачки больше, чем в западной. Так, дебит вод, заключенный в доломитах ловатского горизонта 0,2—3 л/сек, песчаниках и доломитах памушского горизонта 0,4—1,5 л/сек, удельный дебит соответственно 0,01—1,1 и 0,04—0,5 л/сек. Значительно более водообильны породы бургского, семилукского и саргаевского горизонтов. На площадях, где саргаевский горизонт выходит на дочетвертичную поверхность, доломиты более трещиноваты, и удельные дебиты здесь около 1—2 л/сек, а на отдельных участках 4—6 л/сек.

Амулско-саргаевские воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные, в меньшей степени гидрокарбонатно-сульфатные. Гидрокарбонатно-кальциево-магниевые воды встречаются редко, иногда только в нижней части саргаевского горизонта (плавиньские слои) и в памушском горизонте в восточной части бассейна.

Минерализация сульфатно-гидрокарбонатных вод колеблется от 0,9 до 3 г/л. Основными компонентами, определяющими степень минерализации, являются ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . Содержание сульфатов достигает 1200—1400 мг/л, жесткость 20—30 мг-экв.

Часто в районах, где гипсоносные отложения отсутствуют, воды ловатского, памушского и нижней части саргаевского горизонтов характеризуются повышенным содержанием сульфатов; это объясняется проникновением сульфатных вод из выше- или ниже залегающих частей водоносного комплекса.

В районах Кемери и Балдоне в верхней загипсованной части саргаевского горизонта происходит формирование сероводородных вод. Гидрокарбонатно-сульфатные воды имеют минерализацию порядка 0,4—0,9 г/л. Общая жесткость их достигает 6—9 мг-экв., причем большая часть ее падает на устранимую жесткость.

Таким образом, в западной части бассейна данный комплекс является маловодообильным, а местами почти безводным, там же, где он содержит воды, они сильно минерализованы и не могут служить источником водоснабжения.

В восточной части бассейна воды амулско-саргаевского комплекса могут быть использованы для водоснабжения колхозов, совхозов и небольших предприятий.

## ПАМУШСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ

Памушский водоносный горизонт развит в центральной части Латвийского артезианского бассейна; залегает он под четвертичными отложениями и лишь на отдельных участках перекрывается отложениями ловатского горизонта.

Породы, слагающие горизонт, весьма неоднородны и представлены чередующимися песчаниками, алевролитами, глинами, доломитовыми мергелями, реже доломитами. По литологическому составу горизонт делится на три части: верхнюю, среднюю и нижнюю. Средняя часть более песчанистая, верхняя и нижняя сложены преимущественно глинами и мергелями и служат водоупорами, отделяющими памушский горизонт от выше- и нижерасположенных водоносных горизонтов.

На большей части территории республики памушский горизонт в большей или меньшей степени эродирован, вследствие чего на некоторых площадях Центрально-Видземской возвышенности осталась только нижняя часть горизонта, являющаяся водоупором. На крайнем востоке Латвийской седловины количество песчаных прослоев в средней части горизонта уменьшается и увеличивается мощность глин (в отдельных случаях до 25—30 м). Иногда встречаются прослои и линзы доломитов или известняков мощностью от 0,1 до 2,7 м.

Средняя мощность горизонта на большей части территории 20—35 м, максимальная установлена в ее северной и северо-восточной частях (Нитауре 61 м, Тирза 69 м, Лиепна 50 м).

Водоносной является средняя часть горизонта, представленная мелкозернистыми, иногда глинистыми слабосцементированными песчаниками и песками.

Глубина залегания кровли памушского водоносного горизонта определяется в основном мощностью перекрывающих его четвертичных отложений. Наибольшая глубина от поверхности земли наблюдается в Центрально-Видземской возвышенности и в Восточно-Видземской возвышенности (до 60—80 м). На остальной территории глубина залегания кровли не превышает 10—30 м. Абсолютные отметки ее колеблются от +10 до +125 м, причем максимальные отмечены в упомянутых возвышенностях.

Положение пьезометрических уровней относительно поверхности земли тесно связано с рельефом местности. В Центрально- и Восточно-Видземской возвышенностях они находятся на глубине 19—23 м (абс. отм. +120—+150 м), а в пределах Лубанской равнины и Средне-Гауйской низменности — выше поверхности земли. На остальной территории уровень залегает вблизи дневной поверхности.

Воды напорные. Свободную поверхность они имеют только в долинах рек Кухва, Педедзе, Гауя, Огре и др., где породы выходят на поверхность. На этих участках верхняя часть памушских песчаников сухая, и уровни вод находятся на глубинах 1—10 м ниже поверхности земли. Снижение напора в целом происходит с северо-востока на юго-запад.

Водообильность горизонта незначительная. Удельные дебиты 0,03—0,3 л/сек и лишь в отдельных случаях достигают 1,2—1,4 л/сек. Коэффициенты фильтрации песков не превышают 0,7—2,9 м/сутки, в трещиноватых доломитах 31—133 м/сутки. Более водообилён памушский горизонт в окрестностях населенных пунктов Лизумс, Тирза и Стамериене, где разрез его наиболее полный. В восточном направлении водообильность уменьшается вследствие увеличения мощности глин.

Воды памушского горизонта пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые с минерализацией 0,3—0,4 г/л (по сухому остатку). Иногда в северной и северо-восточной частях распространения горизонта наблюдаются воды с более высокой минерализацией (до 0,9 г/л). Повышение минерализации объясняется поступлением сульфатов из верхней части саргаевского горизонта. Вода умеренно жесткая и жесткая (в среднем от 2,3 до 6,5 мг-экв).

Ввиду слабой водообильности и трудностей, связанных с оборудованием скважин (пескование), горизонт не имеет большого практического значения для водоснабжения, кроме Гулбенского района (Лизумс, Тирза, Виране, Стамериене).

### БУРЕГСКО-СЕМИЛУКСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ

Бурегско-семилуцкий водоносный горизонт соответствует бурегскому и семилуцкому стратиграфическим горизонтам. Литологический состав пород этих горизонтов одинаковый, а маломощные прослои доломитовых мергелей и глин в верхней части семилуцкого горизонта не являются надежным водупором, поэтому упомянутые горизонты объединены в один водоносный горизонт. На сравнительно малой площади в северо-восточной части Латвии верхняя часть семилуцкого горизонта (ильменские слои) представлена глинами мощностью до 8—10 м, здесь бурегско-семилуцкий водоносный горизонт разделен на два подгоризонта: бурегский и семилуцкий (рис. 11).

Бурегско-семилуцкий водоносный горизонт широко развит в центральной части Латвийской седловины, где залегает под памушскими отложениями. В юго-восточной части (Мадонском, Вилянском, Резекненском, Лудзенском районах) этот горизонт объединяется с залегающим ниже саргаевским горизонтом (см. бурегско-саргаевский водоносный комплекс).

Бурегско-семилуцкий горизонт сложен главным образом доломитами с прослоями доломитовых мергелей. В восточном направлении доломиты фациально замещаются известняками. Доломиты в различной степени пористые, трещиноватые, местами сильно закарстованные. Особенно развит карст в долинах рек Айвиексте, Даугава, Лауце. Часто карстовые воронки заполняются подземными водами и образуют микро-озера или восходящие родники. Трещиноватость в доломитах наиболее развита на участках, где доломиты залегают непосредственно под четвертичными отложениями. Мощность бурегско-семилуцкого горизонта в центральной части Латвии 12—15 м, в восточной части республики достигает 35 м.

Водупорной кровлей бурегско-семилуцкого водоносного горизонта служат памушские глины и доломитовые мергели, подошвой — глины и доломитовые мергели саласпилских слоев саргаевского горизонта. Глины и доломитовые мергели являются региональным водупором, отделяющим бурегско-семилуцкий горизонт от нижележащего водоносного горизонта.

Максимальная глубина залегания кровли бурегско-семилуцкого водоносного горизонта отмечена в Центрально-Видземской возвышенности. Так, у населенного пункта Нитауре она находится на глубине 163 м (абс. отм. +44), Вестиене 135 м (абс. отм. +76), Веява 133 м (абс. отм. +85), Заубе 132 м (абс. отм. +45). На остальной территории, где этот горизонт располагается под памушскими отложениями, глубина залегания кровли колеблется от 50 до 80 м. Там же, где бурегско-семилуцкий горизонт перекрывается четвертичными отложениями, она не превышает 20—30 м (рис. 12).

Воды описываемого горизонта напорные, только в долинах рек Даугава, Огре и Гауя они имеют свободную поверхность. Наибольшие величины напора отмечены в районах Центрально-Видземской возвышенности (100—110 м) и Восточно-Видземской (около 80 м). На остальной территории они колеблются от 5 до 25 м.

Пьезометрические уровни бурегско-семилуцких вод на большей части распространения горизонта находятся вблизи поверхности земли.

На Лубанской равнине и Средне-Гауйской низменности в долинах рек Даугава, Гауя и Айвиексте скважины фонтанируют. В Центрально-Видземской возвышенности уровни устанавливаются на глубинах 30—70 м. В районе Лизумс—Вецпиебалга уровень воды этого горизонта

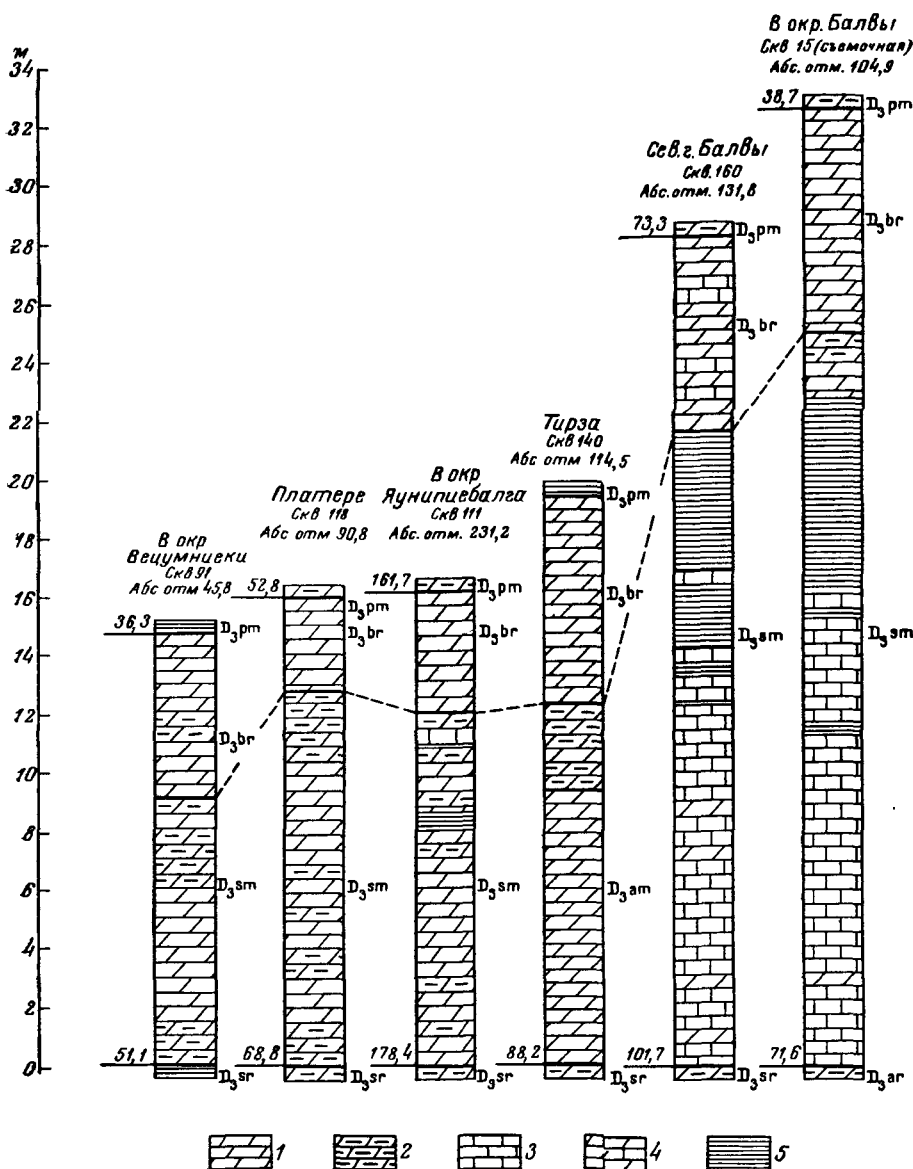


Рис. 11. Разрезы бурегско-симилюкского водоносного горизонта.

1 — доломит; 2 — мергель доломитовый; 3 — известняк; 4 — известняк доломитовый и доломит известковый; 5 — глина  
Цифры у колонок — глубина от поверхности земли

ниже уровня вышележащего памушского водоносного горизонта примерно на 19—22 м. Так, в скважине Лизумс они вскрыты соответственно на глубинах 14,4 и 35 м ниже поверхности земли (см. рис. 12).

Максимальная абсолютная отметка пьезометрического уровня бурегско-симилюкского горизонта — 218 м (скв. Дзербене) находится в се-



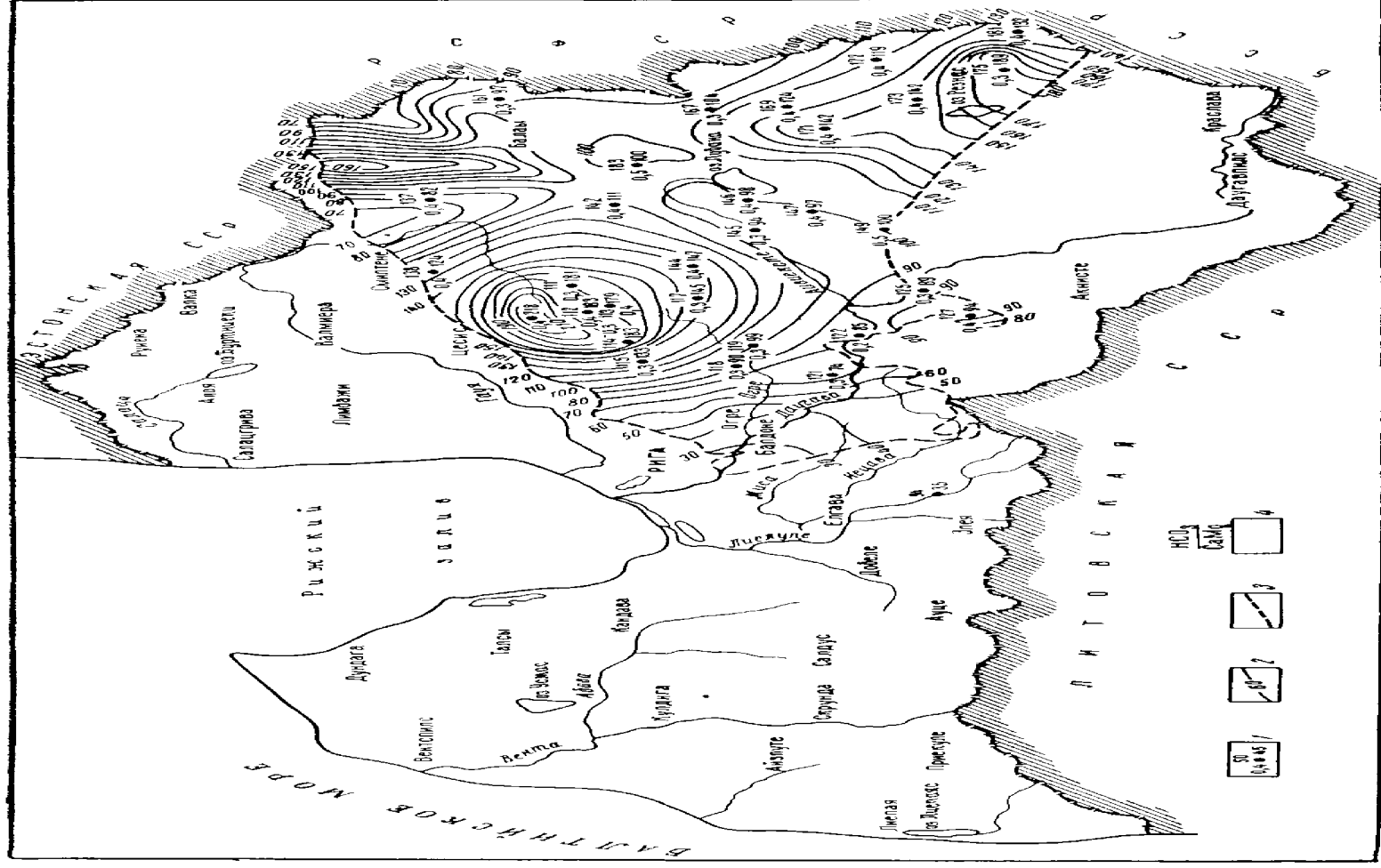


Рис. 13. Схематическая карта гидрозоны и химического состава вод бурятско-саятского водоносного горизонта

1 — граница водоносности, 2 — гидрогеологический горизонт, 3 — граница распространения горизонта, 4 — гидрогеологический горизонт. Воды в абс. см. в м. севе — минерализация воды в м. севе — гидрогеологический горизонт, 2 — гидрогеологический горизонт, 3 — граница распространения горизонта, 4 — гидрогеологический горизонт.

верной части Центрально-Видземской возвышенности. В пределах Латгальской и Восточно-Видземской возвышенностей отметки пьезометрического уровня соответственно 180 и 160 м. Упомянутые возвышенности являются областями питания горизонта и отсюда наблюдается понижение уровней во всех направлениях. Понижение уровня в южном направлении обусловлено частичной разгрузкой вод горизонта в долины рек Даугава и Айвиексте, в западном — общим направлением подземного стока к Рижскому заливу (рис. 13).

Бургеско-семилукский водоносный горизонт опробован многочисленными картировочными и разведочно-эксплуатационными скважинами.

Анализ материалов показал, что водообильность горизонта относительно высокая, однако в разных районах неодинаковая и зависит в первую очередь от трещиноватости и карстообразующих процессов. Удельные дебиты скважин, пройденных на этот горизонт, варьируют от 0,1 до 20 л/сек. В отдельных скважинах восточной части Латвийской ССР (Карсава) и в районе Лубанского озера дебит 20 л/сек получен при понижении на несколько сантиметров. Наименьшие удельные дебиты

Таблица 9

Данные опробования бургеско-семилукского горизонта

Номер по каталогу и местоположение скважины	Интервал опробования водоносного горизонта, м	Глубина статического уровня, м	Дебит, л/сек	Удельный дебит, л/сек	Формула Курлова
		Абсолютная отметка статического уровня, м	Понижение, м		
121, Скривери	19,8—31,6	$\frac{2,2}{73,8}$	$\frac{8,2}{9,6}$	0,8	$0,3 \frac{\text{HCO}_3-95}{\text{Ca}-66 \text{ Mg}-33}$
114, Клигене	121,4—139,4	$\frac{31,6}{183,1}$	$\frac{2,7}{10,8}$	0,2	$0,3 \frac{\text{HCO}_3-96}{\text{Ca}-51 \text{ Mg}-33 \text{ Na}-14}$
127, ст. Заки Екабпилсского района	20,6—50,0	$\frac{17,0}{94,0}$	$\frac{3,0}{1,5}$	2,0	$0,4 \frac{\text{HCO}_3-87}{\text{Ca}-59 \text{ Mg}-40}$
111, Яунпиебалга	161,2—178,0	$\frac{50,5}{180,5}$	$\frac{1,0}{8,0}$	0,1	$0,3 \frac{\text{HCO}_3-96}{\text{Ca}-57 \text{ Mg}-36}$
144, Куса	145,5—167,5	$\frac{63,0}{147,0}$	$\frac{2,5}{9,0}$	0,3	$0,4 \frac{\text{HCO}_3-86}{\text{Ca}-60 \text{ Mg}-31}$
138, Палсмане	35,0—43,0	$\frac{+3,6}{123,5}$	$\frac{1,7}{2,5}$	0,7	$0,3 \frac{\text{HCO}_3-95}{\text{Ca}-59 \text{ Mg}-33}$
146, Баркава	34,4—40,5	$\frac{1,5}{98,5}$	$\frac{2,6}{1,4}$	1,8	$0,4 \frac{\text{HCO}_3-76 \text{ Cl}-16}{\text{Ca}-53 \text{ Mg}-23 (\text{Na}+\text{K})-23}$
Лубана	23,4—42,4	$\frac{+3,6}{96,2}$	$\frac{10,0}{3,2}$	3,2	$0,7 \frac{\text{HCO}_3-57 \text{ SO}_4-42}{\text{Ca}-57 \text{ Mg}-43}$
147, Варакляны	11,0—25,0	$\frac{7,5}{98,0}$	$\frac{4,0}{2,0}$	2,0	$0,4 \frac{\text{HCO}_3-92}{\text{Ca}-58 \text{ Mg}-40}$
161, Балвы	56,5—75,0	$\frac{12,7}{97,3}$	$\frac{9,7}{3,4}$	2,8	$0,3 \frac{\text{HCO}_3-96}{\text{Ca}-63 \text{ Mg}-33}$
175, Рундены Лудзенского района	79,6—97,5	$\frac{20,8}{189,2}$	$\frac{2,3}{2,0}$	2,1	$0,3 \frac{\text{HCO}_3-96}{\text{Ca}-60 \text{ Mg}-36}$



(0,1—1,5 л/сек) получены в районе Центрально-Видземской возвышенности (табл. 9).

Дебиты карстовых родников до 6 л/сек (река Даугава, Лауце), однако они не постоянны во времени. Многочисленные выходы родников отмечены на обоих берегах р. Даугавы в районах Плявиняс — Кокнесе с дебитом 0,1—2 л/сек.

Воды бурегско-смилуковского горизонта гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые, общая минерализация 0,3—0,5 г/л. На северо-востоке гидрокарбонатно-сульфатные и даже сульфатные воды с сухим остатком 1515 мг/л (окрестность Виреши). Подобное увеличение минерализации, а следовательно, и изменение типа вод можно связать с подтоком высоконапорных вод саргаевского горизонта, обладающих повышенной минерализацией на локальных участках развития гипсоносных пород в верхней части разреза. Как исключение, в редких скважинах окрестностей населенного пункта Лубаны наблюдается повышенная минерализация (до 0,7—0,9 мг/л).

Химический состав указывает на формирование этих вод в условиях зоны свободного водообмена, в хорошо промытых горных породах, где выщелачиванию карбонатов способствует растворенная углекислота, принесенная инфильтрующимися атмосферными осадками.

Общая жесткость 5—8 мг-экв, причем большая часть ее относится к устранимой жесткости. Иногда наблюдается повышенное содержание железа.

Воды по химическому составу вполне соответствуют нормам ГОСТ на питьевую воду и широко используются для водоснабжения населения и промышленных предприятий, чему благоприятствуют также их неглубокое залегание, достаточная водообильность и простота оборудования скважин.

### САРГАЕВСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ

Саргаевский водоносный горизонт распространен в центральной части Латвийской седловины и образует широкую полосу, пересекающую территорию республики с востока на запад.

Состоит саргаевский горизонт из двух частей. Верхняя (саласпилские слои) представлена переслаивающимися глинами, мергелями, доломитами и гипсами. Наиболее широко гипс развит в западной части артезианского бассейна и по северной границе распространения горизонта (в пределах южных окраин Балтийского щита). Доломиты и гипсы здесь составляют до 40 % от ее общей мощности. Местами гипсы в этой части горизонта замещаются глинами с прослоями плотных доломитовых мергелей и глинистых доломитов и образуют водоупор. Такое распространение пород и обуславливает спорадический характер подземных вод (см. гидрогеологическую карту). На остальной территории верхняя часть саргаевского горизонта представлена доломитами и доломитовыми мергелями с прослоями глин.

Нижняя часть (плявиньские слои) сложена доломитами с прослоями доломитовых мергелей и глин. В восточном направлении наблюдаются фациальные изменения — вместо доломитов появляются известняки и уменьшается мощность глинистых прослоев.

Доломиты, являющиеся основной водовмещающей породой саргаевского горизонта, кавернозные, пористы и трещиноваты. Каверны обычно не превышают 1—5 см, отдельные достигают 12—15 см. Трещиноватость и кавернозность в доломитах особенно проявляются на участках, где отложения частично эродированы. Для доломитов и гипсов характерна сильная закарстованность, которая прослеживается по до-

линам рек Даугава, Гауя, Лауце и др. Проявления гипсового карста наблюдаются в северной полосе их распространения.

Мощность саргаевского горизонта изменяется от 29 до 46 м и увеличивается по направлению с запада на восток в основном за счет увеличения мощности нижней части горизонта. Так, в 10 км к югу от Риги в районе Плаканциемс (скв. 90) полная мощность горизонта 29 м, в том числе нижняя часть 17 м; в Огрском районе (скв. 119) мощность горизонта 34 м (нижняя часть 23 м); в районе Тирза (скв. 140) 46,3 м (нижняя часть 34,4 м) и т. д.

Верхняя — глинистая часть горизонта является водоупором между буреско-семилуцким горизонтом и водами нижней части саргаевского горизонта. В северо-восточной части республики — в районах Балвы, Виляка, Карсава и других этот водоупор не выдержан, и местами воды саргаевского горизонта имеют связь с водами семилуцкого горизонта (верхняя часть семилуцкого горизонта является водоупором).

Водоупорным ложем саргаевского водоносного горизонта служат мергели и глины нижней его части (3—5 м) и подстилающая их песчано-глинисто-алевритовая толща швентойского горизонта. В водоупорном ложе наблюдаются окна, через которые осуществляется гидравлическая связь с нижележащим водоносным горизонтом.

Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 1—30 м в районах их выхода на дочетвертичную поверхность до 140—180 м в районе Средне-Латвийской возвышенности. Абсолютные отметки ее колеблются от +113 до —14 м. Наиболее высокое положение кровли отмечено на северном крыле Латвийской седловины, наиболее низкое — в западной ее части.

Воды напорные, за исключением отдельных участков, где горизонт выходит на поверхность или обнажается в долинах рек.

Уровни воды в скважинах колеблются в широких пределах. Максимальные глубины отмечены в районах возвышенностей, особенно в Центрально-Видземской, где имеется мощный четвертичный покров. Самый глубокий уровень зафиксирован в Дзербене (на 100 м ниже поверхности земли). Такие же низкие уровни отмечены в окрестностях Лизумс, Вецпиебалга и др. На остальной территории глубина залегания их не превышает 20 м. В местах с пониженным рельефом (Праулиена, Марциена и др.) вода самоизливается.

Ранее выполненная работа по оценке эксплуатационных запасов подземных вод показала, что пьезометрическая поверхность саргаевского водоносного горизонта повторяет рельеф основных форм дневной поверхности. Падение ее происходит от возвышенностей к рекам Даугава, Айвиексте, Гауя и к Рижскому заливу.

Водоносность саргаевского горизонта изменяется как по площади, так и по разрезу. Производительность скважин, вскрывших воду в верхней части горизонта (саласпилские слои), колеблется от 0,1 до 0,4 л/сек при понижении на 2—5 м. Удельные дебиты не превышают 0,3 л/сек. В южной и в особенности в восточной частях территории дебиты скважин возрастают, и удельные дебиты здесь достигают 1,4 л/сек. Максимальная водообильность этой части горизонта наблюдается на участках, где развиты гипсоносные породы и особенно там, где они подверглись выщелачиванию. Подобные участки с удельными дебитами от 0,9 до 13 л/сек установлены в районе Малпилс — Юдажи. В этом районе отмечено большое число восходящих родников с дебитом от 1 до 32 л/сек. Коэффициенты фильтрации здесь достигают 92 м/сутки. Местами вблизи участков, отличающихся большой водообильностью, имеются и такие участки, где гипс отсутствует и в разрезе преобладают глины и доло-

митовые мергели. Разведочные скважины, пройденные на этих участках, как правило, оказывались безводными.

Нижняя часть горизонта, сложенная доломитами, характеризуется средней водообильностью. В центральной части артезианского бассейна (Центрально-Видземская возвышенность), где она перекрывается мощной толщей четвертичных и дочетвертичных отложений, доломиты и доломитовые мергели плотные, трещиноватость слабая. Это отражается на водообильности пород. В пределах Центрально-Видземской возвышенности удельные дебиты в среднем не превышают 0,2 л/сек. В восточном направлении по мере уменьшения мощности четвертичных отложений трещиноватость саргаевских доломитов увеличивается, а соответственно этому увеличиваются и удельные дебиты. Максимальный дебит отмечен в скважине населенного пункта Быково, где он при понижении 5,2 м составил 17,5 л/сек.

Наибольшие дебиты получены в местах, где горизонт залегает под маломощными четвертичными отложениями, в окрестностях городов Карсавы, Прейли и Ливаны. При понижениях уровня на 1,3—3,3 м величина его колеблется от 4 до 11,8 л/сек. В скважине населенного пункта Упесциемс Смильтенского района при дебите 9 л/сек уровень воды понизился всего на несколько сантиметров. Скважины с подобными дебитами имеются в ряде других мест восточной и юго-восточной частей Латвии.

В саргаевском водоносном горизонте выделяются сульфатно-кальциевые воды с минерализацией до 2,6 г/л и пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией 0,2—0,6 г/л.

Для вод сульфатного типа гипсоносных районов характерно присутствие сероводорода в окрестностях Зуши—Стайни, содержание которого колеблется от 1,1 до 4,6 мг/л и Звейниеки-Дарзини (вблизи Малпилс)—0,3—0,8 мг/л.

Воды саргаевского горизонта умеренно жесткие, величина общей жесткости 5—18 мг-экв. В местах, где они связаны с гипсом, жесткость достигает 27 мг-экв. Иногда встречается повышенное содержание железа.

Саргаевский горизонт имеет существенное значение для водоснабжения колхозов, совхозов и местных промышленных объектов по всей территории его развития, кроме Центрально-Видземской возвышенности (глубокое залегание). Для водоснабжения в основном используют нижнюю часть горизонта, верхнюю часть — в незначительном количестве в местах, где развиты только пресные воды.

### БУРЕГСКО-САРГАЕВСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС

На востоке Латвии в разрезе семилукского и саргаевского горизонтов роль глинисто-мергелистых отложений уменьшается. Маломощные, плохо выдержанные прослойки глин не могут обеспечить достаточную гидроизоляцию, поэтому воды, приуроченные к бургским, семилукским и саргаевским карбонатным породам, представляют собой единый бургско-саргаевский водоносный комплекс.

Отложения комплекса развиты в восточной части Латвийского артезианского бассейна, в пределах восточной части Центрально-Видземской возвышенности, северной части Латгальской возвышенности, Вилянско-Крустпилсской приподнятости и Лубанской равнины.

Комплекс представлен в основном доломитами, в восточной части появляются известняки. Если в районах Гулбене—Мадона—Лубана еще встречаются маломощные, по простиранию не выдержанные про-

слойки глин, то в районах Варакляны — Резекне — Лудза — Зилупе глинистых прослоев не наблюдается.

Доломиты и известняки, как правило, трещиноватые и кавернозные. Трещиноватость пород в местах, где они перекрыты мощным слоем сравнительно пластичных пород памушского горизонта (северная часть), небольшая. Там, где комплекс перекрыт только четвертичными отложениями, породы местами сильно трещиноватые. С глубиной трещиноватость уменьшается. Вблизи Лубанского озера (Баркава — Наглы) доломиты, особенно бургского и семилукского горизонтов, сильно закарстованы.

Мощность комплекса 50—80 м, в северной части развития комплекса мощность снижается. Водоупорным ложем для данного комплекса служат доломитовые мергели и глины нижней части саргаевского горизонта и песчано-глинистые отложения верхней части швентойского горизонта, а водоупорной кровлей — памушские глины и мергели. В юго-восточной части кровлей комплекса являются четвертичные отложения. Суглинки и супеси вюрмского ледникового комплекса играют роль относительного водоупора.

Максимальные абсолютные отметки пьезометрического уровня наблюдаются на возвышенностях — Латгальской (174 м) и Центрально-Видземской (120 м). Падение пьезометрической поверхности происходит от упомянутых возвышенностей к Лубанской равнине, где понижается до абс. отм. плюс 90—100 м.

На территории пробурены многочисленные эксплуатационные и картировочные скважины. Так как карбонатная толща довольно мощная и потребность в воде небольшая, то очень часто скважины вскрывали только верхнюю часть комплекса, а поэтому и полученные дебиты характеризуют только эту часть комплекса. Производительность скважин колеблется от 0,4 до 20 л/сек, удельные дебиты — от 0,3 до 30 л/сек. Наименьшие удельные дебиты в северной части территории там, где комплекс перекрывается памушским горизонтом, наибольшие — в районах развития карста (районы рек Айвиексте, Резекне). Одним из водообильных районов является окрестность г. Резекне. Мощность водовмещающего слоя здесь 60 м, пьезометрические уровни колеблются от —21 до +4 (абс. отм. 136—150 м). Удельные дебиты в среднем 8—12 л/сек, а в отдельных скважинах достигают 25—30 л/сек и более.

Питание водоносного комплекса происходит на возвышенностях главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков. Основная разгрузка осуществляется гидрографической сетью Лубанского бассейна.

Вода хорошего качества. В местах, где отложения залегают близко к земной поверхности и перекрыты водопроницаемыми отложениями, возможно местное бактериологическое загрязнение.

Воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, как исключение могут быть гидрокарбонатно-сульфатные. Наряду с сульфатами увеличивается содержание магния. Вода пресная. Общая минерализация изменяется от 0,3 до 0,8 г/л, в основном 0,3—0,4 г/л.

Вода жесткая, жесткость колеблется в пределах 2,2—11,2 мг-экв, преобладает 6—7 мг-экв. Жесткость в основном устранимая. Иногда наблюдается повышенное содержание железа. Например, в г. Резекне по многочисленным скважинам содержание железа в воде достигает 2—4 мг/л, что в значительной мере осложняет использование воды для централизованного водоснабжения города.

Данный водоносный комплекс пригоден для водоснабжения крупных объектов. Небольшая потребность в воде может быть удовлетворена водоотбором из верхней части комплекса.

### ШВЕНТОЙСКО-ТАРТУСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС

Швентойско-тартуский водоносный комплекс представлен континентальными и прибрежно-морскими отложениями, состоящими из чередующихся слоев песчаных, алевритовых и глинистых пород. От залегающего ниже донаровского водоносного комплекса швентойско-тартуский отделен преимущественно водоупорными породами наровского горизонта мощностью 98—130 м, а от залегающего выше саргаевского водоносного горизонта — пачкой глин и глинистых мергелей нижней части саргаевского горизонта, глинами и глинистыми алевролитами верхней части швентойского горизонта. Комплекс развит почти на всей территории Латвии, за исключением крайней северной части Курземского полуострова. Мощность комплекса изменяется от первых десятков метров до 329 м. Максимальная мощность отмечена в центральной, юго-западной и северной частях Латвии вдоль Валмиерско-Псковского выступа фундамента (в скв. 108 южнее г. Смилтене 329 м), минимальная — на склонах Балтийского щита, Белорусско-Литовского выступа фундамента и Балтийской синеклизы, где породы швентойского и тартуского горизонтов выклиниваются. Здесь эти отложения выходят на дневную или дочетвертичную поверхности и имеют наименьшую глубину залегания, определяемую мощностью четвертичных отложений. В центральной части Латвийской седловины и в юго-западной части республики в Балтийской синеклизе кровля комплекса залегает на значительной глубине — 210—496 м (в абс. отм. — 15—450 м). Глубина залегания пьезометрического уровня воды зависит главным образом от рельефа местности. На возвышенностях, где мощность четвертичных отложений значительна, он залегает ниже поверхности земли на 50—100 м и более (Центрально-Видземская возвышенность). В пределах равнин, где не происходит разгрузки вод комплекса, а также в долинах рек, уровень залегает на несколько метров ниже или выше поверхности земли. В г. Елгава, расположенном в Средне-Латвийской низменности, уровни воды в скважинах устанавливаются выше поверхности земли на 10—16 м. Максимальные абсолютные отметки пьезометрического уровня установлены на Восточно-Видземской возвышенности и по всей Западно-Латвийской возвышенности. От возвышенностей абсолютные отметки уровня снижаются. Самые низкие значения отмечены по побережью Рижского залива и Балтийского моря.

Швентойско-тартуский комплекс содержит напорные воды. Водообильность его меняется как по вертикали, так и по площади в зависимости от литологического состава отложений. Наиболее водообильны отложения нижней части швентойского горизонта. Удельные дебиты скважин достигают 1,5—4,5 л/сек. Значительно менее обводнены отложения верхней части швентойского горизонта (аматские слои) и нижней части тартуского горизонта. Удельные дебиты 0,1—0,8 л/сек. С увеличением глинистости отложений этих горизонтов в юго-восточном и восточном направлениях удельные дебиты скважин уменьшаются (до 0,1—2 л/сек).

Воды комплекса пресные. Только к югу от Рижского залива и в наиболее опущенной части Балтийской синеклизы на юго-западе Латвии минерализация возрастает до 1,2—2,5 г/л, главным образом за счет перетекания сульфатных вод из загипсованного саргаевского горизонта, залегающего выше. В скважинах, пробуренных на вышеуказанных участках, с глубиной минерализация уменьшается и примерно на границе швентойского и тартуского горизонтов воды обычно становятся пресными (минерализация 0,7—0,9 г/л). Ниже по разрезу в тартуском горизонте, по мере приближения к кровле наровского горизонта, минера-

лизация (до 1,5—2 г/л) вновь увеличивается, но уже за счет преобладания хлоридов и сульфатов. Очень характерна в этом отношении скважина, пробуренная на Рижском взморье К. Я. Цукерманисом. Воды имеют минерализацию до глубины 90 м — 0,4 г/л, в интервале 107—150 м — 0,98 г/л, 188—225,5 м — 1,1 г/л, 225,5—262,5 м — 1,5 г/л. В то же время содержание в воде  $\text{SO}_4^{2-}$  увеличилось от 98,3 до 450 мг/л, а  $\text{Cl}^-$  — от 45 до 384 мг/л.

Это объясняется наличием зоны нарушения, через которую соленые воды донаровского водоносного комплекса проникают в тартуский. Особенно благоприятные условия для такого перетекания на южном побережье Рижского залива, где происходит разгрузка вод швентойско-тартуского комплекса, и уровни его снижаются до 0 плюс 1 м (в абс. отм.). Уровни же донаровского водоносного комплекса имеют абс. отм. плюс 40—42 м. Такая разница в уровнях (40—42 м) благоприятствует проникновению соленых вод вверх и приводит к возрастанию минерализации пресных вод. В Риге статический уровень швентойско-тартуского водоносного комплекса снижен до —12 м, и разница уровней доведена до 50—52 м. Воды швентойско-тартуского комплекса главным образом гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, сульфатно-кальциевого, хлоридно-сульфатно-кальциево-натриевого и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевого.

Питание швентойско-тартуского водоносного комплекса происходит на возвышенностях, где пьезометрические уровни имеют максимальные значения. Разгрузка осуществляется в Рижский залив, Балтийское море, а также в реки и озера. Воды этого комплекса имеют самое большое значение для снабжения республики. Ими питаются все крупные города республики.

На отдельных участках распространения комплекса (Рижский район и др.) выделяются два водоносных горизонта: швентойский и тартуский, разделенных слоистой водоупорной пачкой глин и глинистых алевролитов общей мощностью от 10 до 56 м.

Швентойский водоносный горизонт. В составе этого горизонта выделяются аматские и гауйские водоносные слои; последние хотя и не разделены выдержанными водоупорами, но различаются по гранулометрическому составу слагающих их песчаников и песков, поэтому водообильность их неодинакова; с практической точки зрения такое подразделение необходимо.

Швентойский горизонт широко распространен в Латвии, за исключением ее северо-западной и восточной частей. Примерная граница горизонта проходит несколько севернее населенного пункта Алсунга, далее на восток до слияния Абавы и Венты, г. Валдемарпилс, охватывает северную часть оз. Энгуре, пересекает Рижский залив, идет несколько севернее Саулкрасты, Валмиера и уходит на северо-восток почти по долине р. Гауи.

Швентойский горизонт представлен песчаниками, песками, алевролитами и глинами. Пески и песчаники обычно преобладают в нижней части горизонта, а алевролиты и глины — в верхней. Песчаники мелко- и тонкозернистые, иногда среднезернистые, слабо- и среднесцементированные глинистым, железистым, реже карбонатным цементом. Аматские водоносные слои сложены преимущественно тонкозернистыми слабосцементированными песчаниками и содержат значительное количество глин и алевролитов (15—35%). Гауйские водоносные слои представлены мелко- и среднезернистыми, иногда тонкозернистыми песчаниками и содержат меньшее количество глин и алевролитов (глины до 10—15%).

От саргаевского водоносного горизонта швентойский отделен пачкой глин и глинистых мергелей, залегающих в подошве саргаевского гори-

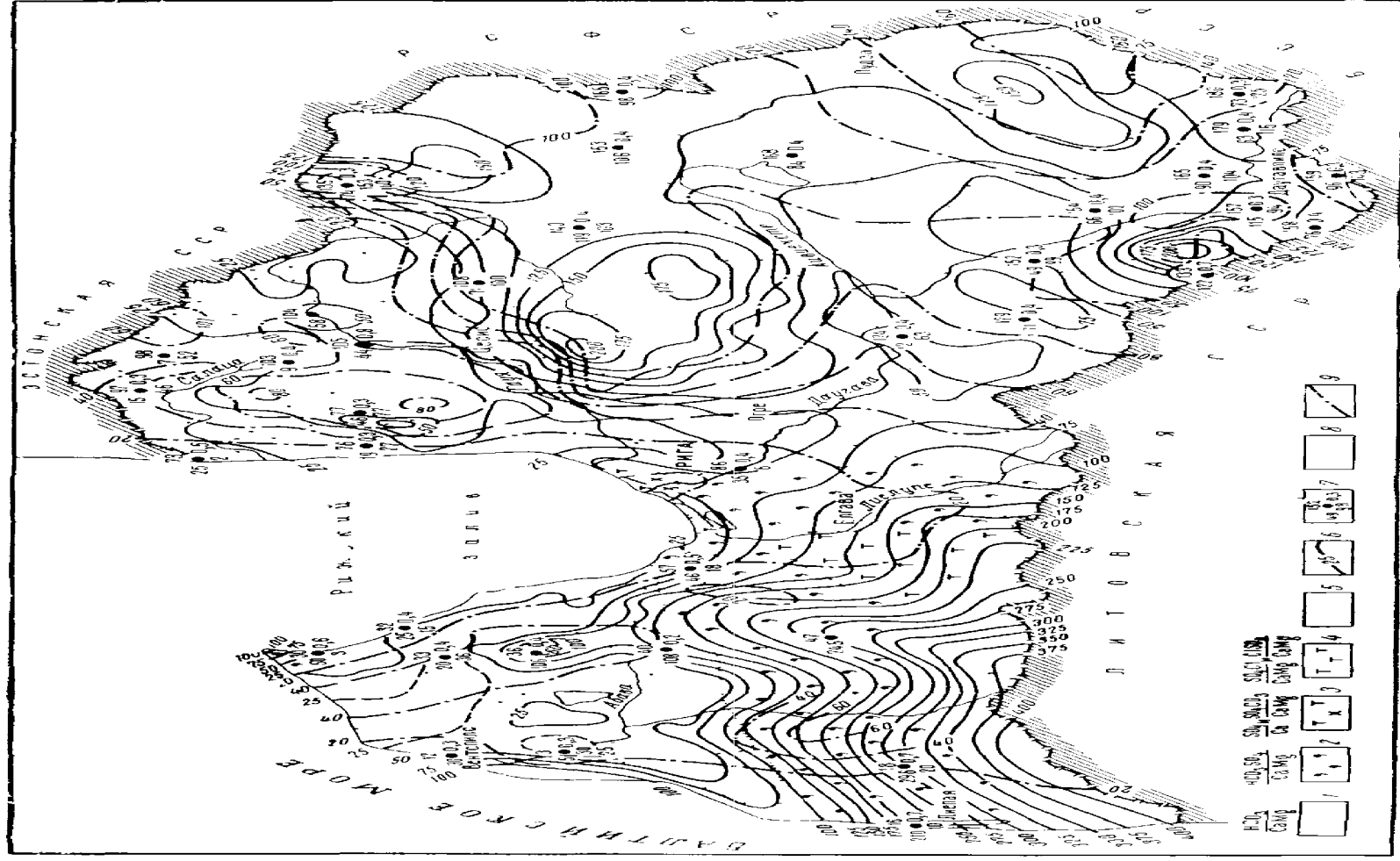


Рис 14 Схематическая карта глубин залегания кровли, гидронольез и химического состава швентойско-тартуского водоносного комплекса  
 1 — гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией до 0,5 г/л, 2 — гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые воды с минерализацией 0,5—1 г/л, 3 — сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией до 3 г/л, 4 — сульфатно-хлоридно-кальциевые магнесье и хлоридно-сульфатно-кальциевые магнесье воды с минерализацией 1—30 г/л, 5 — участки с иезвильным химическим составом 6 — изолинии глубин залегания кровли от поверхности земли, проведенные через 25 м, 7 — скважина цифра сверху — номер по каталогу, слева — глубина залегания кровли от поверхности земли в м, справа — величина минерализации в г/л внизу — пьезометрический уровень в абс. отн. в м, 8 — контур распространения вод с различной минерализацией 9 — гидронольезы, проведенные через 20 м Величина минерализации показана для верхней части комплекса

зонта, а также на отдельных участках глинами и глинистыми алевролитами верхней части швентойского горизонта. Суммарная мощность водоупорных пород изменяется от 8 до 15 м, уменьшаясь в восточном направлении. От залегающего ниже тартуского водоносного горизонта швентойский отделен пачкой глин и глинистых алевролитов, залегающих в кровле тартуского горизонта мощностью от 10 до 56 м, которая увеличивается к востоку.

Мощность швентойского горизонта изменяется от первых метров до 169 м. В скв. 108, южнее г. Смилтене, около Валмиерско-Псковского выступа фундамента, отмечается наибольшая мощность отложений (169 м). По мере выклинивания швентойских отложений в северном направлении мощности постепенно сокращаются до полного отсутствия этих пород. Мощность швентойского горизонта по скважинам в различных частях Латвии составляет: Сеце 107 м, Кроньяуце 108 м, Рига 120 м, Бауска 124 м, в Западной Латвии в скважинах Ремте 80 м, Блидене 94 м, Стури 95 м, Эзере 140 м. Следовательно, в пределах Лиепайско-Елгавского выступа фундамента мощность сокращается до 80—95 м, а к югу от выступа увеличивается до 140 м. Полная мощность швентойского водоносного горизонта в пределах Рижской впадины не вскрыта.

Водоносные отложения швентойского горизонта выходят на поверхность или вскрыты скважинами на глубинах от нескольких метров до 496 м. Песчаники обнажаются в долинах Гауи, Даугавы, Аматы, Венты и других рек. На глубину залегания кровли этого горизонта оказывают влияние структурные особенности территории и рельеф местности (рис. 14).

В Восточной Латвии максимальная глубина залегания кровли швентойского горизонта установлена на Центрально-Видземской (150—210 м), Восточно-Видземской (135—175 м), Латгальской (100—120 м) возвышенностях и в пределах Селийского вала (70—92 м).

В Западной Латвии, где породы швентойского горизонта резко погружаются в юго-западном и южном направлениях, основное влияние на глубину залегания кровли оказывает Балтийская синеклиза и в меньшей мере мощность четвертичных отложений. В скв. Эзере, расположенной на Восточно-Курземской возвышенности, отмечено самое глубокое залегание кровли горизонта в пределах Латвии (—363 м). В северном и северо-восточном направлениях глубина залегания кровли уменьшается до 97—100 м в г. Тукумс, 80—95 м в г. Талсы и 36—40 м в г. Кулдига. Самое близкое залегание горизонта наблюдается на Рижском взморье, где песчаники залегают на глубине 20—30 м. Во всех случаях исключение составляют древние погребенные врезы, глубина которых может быть самая различная. Такие погребенные врезы имеются во многих местах Латвии и глубина некоторых из них достигает 300 м (около пос. Акнисте). Глубокие врезы полностью прорезают отложения швентойского горизонта и в зависимости от заполняющего их материала служат экранами для подземных вод или дренами. Определить гидрогеологическое значение этих врез для водоносных горизонтов трудно, так как обычно



они фиксируются в отдельных точках и пока не прослежено их распространение, а также не изучен характер заполняющего материала. Такие врезы имеются около г. Даугавпилс, пос. Бебрене, в долине р. Даугавы на участке Яунелгава—Плявиняс, в низовьях р. Гауи, на Рижском взморье около ст. Меллужи, в низовьях долины р. Венты и в ряде других мест.

Швентойский водоносный горизонт содержит напорные воды, пьезометрические уровни которых находятся выше поверхности земли или на глубине 50—100 м и более. Самые глубокие уровни вод установлены на возвышенностях, где четвертичные отложения имеют большую мощность. На Центрально-Видземской возвышенности статические уровни в отдельных точках находятся ниже поверхности земли более чем на 100 м, на Восточно-Видземской — на 21—68 м, на всей территории Западно-Латвийской возвышенности — на 15—46 м, за исключением Дундагского поднятия, где они отмечаются на глубинах 65—92 м. Близко от поверхности земли или выше ее пьезометрические уровни наблюдаются в Западно- и Средне-Латвийской низменностях и в долинах Гауи, Даугавы, Венты, Аматы и других рек. Уровень воды швентойского горизонта находится в г. Лиепая на 10 м выше поверхности земли, в г. Елгава — на 14—16 м, в населенном пункте Тирза — на 16,2 м, на побережье Рижского залива на 0—5 м ниже поверхности земли, в Вентско-Усминской впадине — на 0,5—7,3 м. Данные о положении статического уровня в южной части Западной Латвии отсутствуют. В скв. Скуодас, расположенной вблизи границы Литвы с Латвией, уровень воды 30 м (см. рис. 14).

Самые большие абсолютные отметки статических уровней швентойского горизонта отмечены в Латгальской возвышенности (148—160 м). По направлению к р. Даугаве и Восточно-Латвийской низменности они снижаются до 94—100 м. В районе г. Субате статический уровень равен 124 м, отсюда он понижается к долине р. Даугавы и в северо-западном направлении.

Абсолютные отметки пьезометрического уровня на Восточно- и Центрально-Видземской возвышенностях более 105 м. Для Восточной Латвии характерно общее понижение абсолютных отметок статического уровня по направлению к Рижскому заливу и долинам Даугавы, Гауи, Аматы и других рек. Минимальные отметки пьезометрического уровня характерны для побережья Рижского залива (от 0 до 5 м). В местах, где происходит интенсивный водоотбор, уровни вод швентойского горизонта располагаются на отметках —1—10 м (в Риге — 3—10 м, Юрмале — 3 м и др.).

Из сказанного видно, что общее снижение статических уровней происходит по направлениям к Рижскому заливу в восточной части Западной Латвии и по направлению к Балтийскому морю в ее западной части. Заметное снижение уровней наблюдается также к долинам Венты, Абавы, Стенде, Рунды и других рек.

Водообильность швентойского горизонта неодинакова для различных частей разреза, а также меняется по площади. Наименьшей водообильностью отличаются аматские водоносные слои, так как они представлены тонкозернистыми и мелкозернистыми песками со значительной примесью алевролитов и глин. Дебиты скважин при эксплуатации аматских слоев обычно 0,6—4,0 л/сек при понижениях 1—10,6 м. Удельные дебиты 0,1—2,7 л/сек, чаще 0,3—0,5 л/сек.

Водообильность гауйских водоносных слоев значительная. Производительность отдельных скважин достигает 25—30 л/сек при понижениях 1,2—16 м. Удельные дебиты изменяются от 0,2 до 8,3 л/сек, чаще

0,5—2,5 л/сек. Обводненность гауьских слоев также различна и зависит от соотношения между водоносными и безводными породами в разрезе. При опробовании скв. Сеце по интервалам получены следующие результаты: верхняя часть швентойского горизонта (аматские водоносные слои) 3,1 л/сек при понижении 3,7 м, удельный дебит 0,84 л/сек; средняя часть горизонта (верхняя половина гауьских водоносных слоев) 11,3 л/сек при понижении 3,8 м, удельный дебит 3 л/сек; нижняя часть горизонта (нижняя половина гауьских слоев) 4 л/сек при понижении 8,6 м, удельный дебит 0,47 л/сек. Максимальный дебит (11,3 л/сек) получен из интервала, где в разрезе преобладают мелкозернистые песчаники с примесью разнотернистых. С увеличением количества глин и глинистых алевролитов в разрезе по направлению к востоку и юго-востоку удельные дебиты скважин уменьшаются до 0,1—0,3 л/сек. В западной части Латвии швентойский водоносный горизонт изучен слабо, так как немногие скважины вскрыли его на полную мощность. Поинтервально ни в одной скважине швентойские водоносные отложения не опробованы, а сведения имеются главным образом по различным скважинам, что не позволяет делать сопоставления. Дебиты эксплуатационных скважин от 1 до 18,3 л/сек при понижениях 1—13 м, удельные, дебиты 0,1—2,4 л/сек, иногда несколько более.

Швентойский водоносный горизонт содержит в основном пресные воды с минерализацией 0,3—0,9 г/л (см. рис. 14). Однако по мере погружения горизонта в южном и юго-западном направлениях постепенно минерализация воды увеличивается (более 1 г/л) главным образом за счет сульфатов. Воды гидрокарбонатно-кальциевые или гидрокарбонатно-кальциево-магниевые и сульфатно-кальциевые или сульфатно-кальциево-магниевые либо переходные между названными типами. Гидрокарбонатно-кальциево-магниевые воды характерны для областей питания и прилегающих к ним территорий. Там происходит инфильтрация атмосферных осадков и первоначальное обогащение их в основном солями карбонатов, растворенных водами при фильтрации через четвертичные отложения.

Дальнейшее изменение химического состава вод связано уже непосредственно с процессами, протекающими в самом водоносном горизонте. Прежде всего инфильтрующиеся воды содержат значительное количество растворенного кислорода и углекислоты и являются агрессивными по отношению к вмещающим породам. Происходит растворение пород и дальнейшее обогащение вод различными компонентами. В отложениях швентойского горизонта карбонатов мало, главным образом — это цементирующий материал. Песчаники содержат полевые шпаты, которые подвергаются активному выщелачиванию. В водах областей инфильтрации *мг-экв*  $\text{HCO}_3'$  обычно преобладают над суммой *мг-экв*  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{Mg}^{++}$ , а *мг-экв*  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  над *мг-экв*  $\text{Cl}'$ . Такое соотношение между перечисленными анионами и катионами объясняется поступлением в воду  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{HCO}_3'$  при выщелачивании полевых шпатов песчаников. Кроме того, большое количество глинистых прослоев и линз в отложениях швентойского горизонта приводит к катионному обмену между породами, что ведет к уменьшению в растворе  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{Mg}^{++}$  и увеличению  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ .

Для областей инфильтрации или питания швентойского горизонта содержание в воде  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  обычно не превышает 10—15 мг/л. Анион  $\text{SO}_4^{2-}$  поступает в воду главным образом при выщелачивании сульфатов, которые в небольших количествах имеются в песчаниках. Химический состав вод швентойского горизонта изменяется в результате смешения их с водами других водоносных горизонтов. Очень резко он меняется на участках, где над швентойским горизонтом залегают загипсо-

ванные породы саргаевского горизонта, содержащие сульфатно-кальциевые воды с минерализацией более 1 г/л. Здесь максимальная минерализация отмечена в кровле, с глубиной она уменьшается и достигает минимального значения примерно на границе с тартуским водоносным горизонтом. Перетекают минерализованные воды в швентойский горизонт в сводовых частях локальных структур, где развита интенсивная трещиноватость, по зонам нарушения и в бортах погребенных эрозионных и экзарационных врезов. Наиболее благоприятные условия для перетекания вод к югу от Рижского залива в Приморской низменности. Отложения саргаевского горизонта сильно загипсованы и выклиниваются в направлении с юга на север, несколько южнее р. Лиелупе. Таким образом, к северу от зоны выклинивания минерализованные воды саргаевского горизонта стекают в швентойский. Кроме того, на кемерской площади установлены локальные структуры, в сводовых частях которых обнажаются отложения швентойского горизонта (Слокская структура и др.), а также древние погребенные врезы. Все эти обстоятельства благоприятствуют проникновению вниз сульфатных вод саргаевского горизонта до 1,2—2,5 г/л.

По мере погружения кровли швентойского водоносного горизонта в южном и юго-западном направлениях постепенно увеличивается также минерализация воды в целом по горизонту. В г. Лиепая она составляет 0,7 г/л при глубине залегания кровли 210 м. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  возрастает до 400—450 мг/л, и она относится к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевому типу. В швентойском горизонте иногда содержится значительное количество железа, которое поступает в воду при выщелачивании железистого цемента песчаников и в процессе разрушения некоторых минеральных образований. Его концентрация в воде зависит от количества железистого цемента в песчаниках, а также от химического состава воды. Обычно в областях питания железо в водах содержится больше (2—5 мг/л). Это обусловлено повышенной агрессивностью инфильтрующейся воды по отношению к железистому цементу песчаников и поступлением его из грунтовых вод, где концентрация железа нередко достигает 10—20 мг/л. К участкам с повышенным содержанием железа в воде относится Восточно-Латвийская возвышенность, окрестности г. Цесис и ряд других мест.

Общая жесткость воды изменяется от 3 до 9,5 мг-экв, достигая максимального значения на участках распространения сульфатных вод. Карбонатная жесткость колеблется от 4 до 7 мг-экв.

Микрокомпонентный состав вод швентойского горизонта бедный. В небольших количествах (до 0,01 мг/л) содержится Cu, Mn, Al, иногда Zn и Pb. Несколько больше содержание F (0,8—1 мг/л), Ba (0,1—1,0 мг/л),  $\text{HPO}_4$  (0,01—0,2 мг/л),  $\text{HBO}_2$  (0,15—1,0 мг/л). Появление в воде микроэлементов связано с процессами выщелачивания ряда минеральных образований, содержащихся в рассеянном виде в песчаниках.

Области питания швентойского горизонта расположены главным образом на возвышенностях, где песчаники выходят на поверхность или перекрыты четвертичными отложениями (Латгальская, Аугшземская, Восточно-Видземская, Северо-Курземская и частично Западно-Курземская возвышенности). Там пьезометрические уровни имеют максимальные значения (см. рис. 14). Однако не всегда области с относительно большими абсолютными отметками пьезометрического уровня являются областями питания. В особых условиях находится область Центрально-Видземской возвышенности. Она расположена между реками Гауей и Даугавой, которые интенсивно дренируют верхнюю часть швентойского горизонта и снижают пьезометрический уровень в доли-

нах этих рек. Наличие мощной толщи четвертичных отложений (160 м) и отложений памушского, бургеско-семилукского и саргаевского горизонтов, часть из которых является выдержанными водоупорами (нижняя часть памушского, верхняя и нижняя части саргаевского горизонта), затрудняет питание швентойского водоносного горизонта. Частичное питание горизонта может происходить за счет выше- и нижележащих водоносных горизонтов по зонам интенсивной трещиноватости, в бортах погребенных врезов и т. д.

Областями разгрузки являются Балтийское море и Рижский залив. Местными областями разгрузки служат долины Даугавы, Гауи, Венты, Аматы и других рек, где наблюдается множество восходящих и нисходящих родников. В склонах долин рек Гауи и Аматы имеются суффозионные ниши, образованные подземными водами при выносе песков. Особенно много суффозионных ниш в долине р. Гауи. Самые большие из них получили названия пещер: Велна-ала, Гутманя-ала и др.

Швентойский горизонт — основной водоносный горизонт Латвии, воды его широко используются для снабжения городов, населенных пунктов, колхозных и совхозных центров, а также отдельных хуторов. Большинство крупных городов Латвии (Рига, Цесис, Екабпилс, Юрмала, Бауска, Елгава и др.) полностью или частично снабжаются водой из этого горизонта.

Тартуский водоносный горизонт. До утверждения новой стратиграфической схемы в объеме тартуского горизонта выделялись три свиты: абавская, салацкая и тартуская. Соответственно свитам выделялись и три водоносных горизонта с аналогичными названиями. В настоящее время в составе тартуского водоносного горизонта, учитывая главным образом литологические отличия, можно выделить лишь водоносные слои. Проведение границы между верхней частью тартуского горизонта (бывшая салацкая и абавская свиты) и его нижней частью (бывшая тартуская свита) затруднено, однако по практическим соображениям такое подразделение необходимо, так как нижняя часть содержит значительное количество глин и глинистых алевролитов, что влияет на водообильность отложений.

В Латвии тартуский водоносный горизонт распространен значительно шире, чем швентойский. Водоносные отложения отсутствуют только на крайнем севере Курземского полуострова. От залегающего выше швентойского водоносного горизонта тартуский отделен пачкой глин и глинистых алевролитов, залегающих в кровле последнего. В свою очередь от залегающего под ним донаровского водоносного комплекса тартуский отделен водоупорными отложениями наровского горизонта мощностью 97—130 м. Водоупорные свойства отложений наровского горизонта изучались в скв. Сеце. Приток воды при открытом стволе скважины не превышал 0,01 л/час. Совершенно безводными оказались отложения средней части горизонта, где развиты преимущественно глины и глинистые мергели. Слабо обводнены мергели с прослоями песчаников верхней и доломиты нижней части наровского горизонта.

Тартуский водоносный горизонт сложен песчаниками, алевролитами и глинами. Песчаники преимущественно мелко- и среднезернистые, слабо- и среднесцементированные глинистым, железистым и карбонатным цементом. Рыхлые песчаники характерны для верхней части горизонта, а сцементированные для нижней.

Мощность тартуского горизонта меняется в широких пределах (от нескольких метров до 160 м). Полная мощность вскрыта немногими скважинами и для различных частей Латвии составляет: Ремте 129 м, Блидене 122 м, Кротэ 119 м, Сеце 114 м, Тирза 114 м, Бауска 100 м,

Эзере 91 м. Самая большая мощность (160 м) отмечена в скв. 108, пробуренной южнее г. Смилтене сразу за Валмиерско-Псковским уступом. По мере выклинивания тартуских отложений к бортам Латвийской седловины и Балтийской синеклизы мощности постепенно сокращаются до полного исчезновения.

Выходы на поверхность отложений тартуского горизонта прослеживаются в долинах рек Салацы, Гауи, Венты, Рои, Светупе, по берегам оз. Буртниекс, у населенного пункта Дундага, а также вскрыты скважинами на глубинах от нескольких метров до 503 м. На значительной глубине кровля тартуского горизонта залегает в центральной части Латвийской седловины (199—310 м) и в Балтийской синеклизе (385—503 м).

Тартуский горизонт содержит напорные воды, пьезометрические уровни которых находятся выше поверхности земли или залегают на глубине от нескольких метров до 33 м и более.

Фонтанирующие скважины имеются в Приморской низменности и на равнинах, а также в долинах Даугавы, Гауи, Салацы, Венты и других рек. Самое глубокое залегание пьезометрического уровня отмечается в пределах возвышенностей, где мощность четвертичных отложений достигает максимальных величин. На Центрально-Видземской возвышенности пьезометрический уровень находится на глубинах, превышающих 100 м. Из-за слабой изученности тартуского горизонта в наиболее глубоких частях характер изменения абсолютных отметок пьезометрического уровня воды не вполне ясен. Однако следует предполагать, что их максимальные значения приурочены к тем возвышенностям, где горизонт выходит на дочетвертичную поверхность.

Так, в скв. Асаре, расположенной на Аугшземской возвышенности, абсолютная отметка достигает 111 м. Самые большие значения абсолютных отметок уровня, очевидно, находятся в области Латгальской возвышенности (160 м и более). По направлению к Рижскому заливу, Балтийскому морю и к долинам Салацы, Светупе, Венты, Гауи, Рои и других рек абсолютные отметки уровня снижаются до 0 — +10 м. Абсолютные отметки статического уровня вод тартуского горизонта в Риге составляют —2—8 м, Лиепаяе +10 м, Вентспилсе +1 — +5 м.

Водообильность тартуского горизонта изучена главным образом в северной части Латвии, где эти воды находят широкое применение в народном хозяйстве. Совершенно отсутствуют сведения для районов, где тартуские водоносные отложения залегают на значительной глубине. По имеющимся данным водообильность горизонта неодинакова для всего разреза. Наибольшей водообильностью отличается верхняя часть горизонта (салацские водоносные слои), где в разрезе преобладают песчаники. В целом дебиты скважин изменяются от 1 до 10 л/сек, а иногда и более при понижениях 1—11 м, удельные дебиты от 0,4 до 2 л/сек, иногда до 3 л/сек.

Воды тартуского горизонта обычно пресные с минерализацией 0,35—0,9 г/л и только на южном побережье Рижского залива минерализация в ряде мест превышает 1 г/л. По химическому составу эти воды очень разнообразны. Среди них встречаются гидрокарбонатно-кальциево-магниево-сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые, сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевые и хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые.

Такое разнообразие химического состава вод обусловлено конкретными условиями того или другого района. Гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые воды, аналогичные водам швентойского горизонта, характерны для областей питания и территорий, прилегающих к ним. Они формируются путем растворения или выщелачивания водовмещающих

пород и при катионном обмене. Для таких вод характерно преобладание аниона  $\text{HCO}_3^-$  над суммой  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ . Минерализация гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод не превышает 0,5 г/л. Содержание в воде  $\text{SO}_4^{--}$  и  $\text{Cl}^-$  обычно не превышает 10 мг/л. Сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магнезио-натриевые воды формируются главным образом путем смешения пресных гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод с соленоватыми сульфатно-хлоридно-кальциево-магнезио-натриевыми водами донаровского водоносного комплекса, которые проникают в тартуский горизонт по зонам нарушения. Минерализация таких вод обычно не превышает 1 г/л, содержание  $\text{SO}_4^{--}$  достигает 300—500 мг/л и образуется при выщелачивании водами донаровского водоносного комплекса гипсов наровских отложений. Воды упомянутого типа получены из скважин Тирза и Кротэ, расположенных в восточной части Латвийской седловины и в юго-западной части Латвии в пределах Балтийской синеклизы. Особо следует выделить скв. Тирза. При сравнении химического состава воды нижней части тартуского горизонта по скважинам Сеце и Тирза четко прослеживаются резкие различия, хотя обе скважины пробурены примерно в центральной части Латвийской седловины и гидродинамические условия должны быть одинаковы. Минерализация воды по скв. Сеце 0,4 г/л, а по скважине Тирза 0,9 г/л.

Вода из скв. Сеце относится к гидрокарбонатно-кальциево-магниевому типу, а по скв. Тирза — к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магнезио-натриевому

$$\text{Сеце } M_{\text{с.л}} \frac{\text{HCO}_3 - 75 \text{ SO}_4 - 17}{\text{Ca} - 42 \text{ Mg} - 31}; \quad \text{Тирза } M_{\text{с.л}} \frac{\text{SO}_4 - 56 \text{ HCO}_3 - 23}{\text{Ca} - 42 \text{ Mg} - 34 \text{ Na} + \text{K} - 22}.$$

Такое различие обусловлено структурными особенностями района. Сква. Сеце пробурена на Субатско-Кокненской структуре, которая имеет, по-видимому, продолжение на север в виде Эрглинского поднятия, разделяющего Латвийскую седловину на две части или структуры, в которых гидрогеологические условия различны. Сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевый и хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевый типы вод характерны для зон нарушений и прилегающих к ним участков. Минерализация вод таких участков нередко превышает 1 г/л, достигая 2,4 г/л,  $\text{SO}_4^{--}$  300—800 мг/л,  $\text{Cl}^-$  300—500 мг/л. Особенно благоприятны условия для перетекания соленых вод донаровского водоносного комплекса в тартуский имеются по побережью Рижского залива и Балтийского моря, где происходит разгрузка тартуского водоносного горизонта. Здесь разница уровней донаровского водоносного комплекса и тартуского горизонта достигает 30—45 м. Наличие зон нарушения в девонских отложениях впервые установлено в районе пос. Виесите. По гидрохимическим данным такая же зона должна проходить вдоль Рижского залива по линии Слока — Юрмала — Рига — Инчукалнс, где в ряде скважин в тартуском горизонте наблюдается повышение минерализации воды до 3,0 г/л. Воды тартуского горизонта в зависимости от минерализации и химического состава колеблются от умеренно жестких до очень жестких.

Микрокомпонентный состав вод тартуского горизонта по скв. Сеце следующий:  $\text{HBO}_2$  2 мг/л, Ва 1 мг/л, F 0,6 мг/л, Мп, Al сотые доли мг/л. Кроме того, в тартуских водах содержится  $\text{Fe}^{+++}$  от 0,1 до 1,5 мг/л, иногда до 3 мг/л. Температура воды колеблется от 8 до 14° С.

Области питания тартуского горизонта расположены на возвышенностях, где пьезометрические уровни имеют максимальные значения и песчаники выходят на дочетвертичную поверхность. Частичное питание горизонта осуществляется также за счет перетекания воды из пярнуского и швентойского водоносных горизонтов.

Основными областями разгрузки тартуского горизонта являются Рижский залив и Балтийское море. Локальными зонами разгрузки служат долины Салацы, Гауи, Венты, Рои и других рек. На отдельных участках тартуские воды разгружаются также в швентойский водоносный горизонт.

Тартуский горизонт имеет большое значение для водоснабжения Латвии. Его водами обеспечиваются города и населенные пункты, расположенные в северной части республики, где глубина залегания горизонта незначительная. На остальной территории он почти совершенно не эксплуатируется и содержит большой резерв пресных вод, который можно использовать в народном хозяйстве. Исключением являются участки, имеющие тектонические нарушения, в первую очередь города Юрмала, Рига и, возможно, Лиепая, где эксплуатация тартуского горизонта исключается, так как снижение статических уровней вызовет интенсивное перетекание соленых вод из донаровского комплекса. Непригодными для водоснабжения могут оказаться также воды тартуского горизонта на юге Западной Латвии, где водоносный горизонт залегает на значительной глубине, и минерализация превысит 1 г/л.

### **ДОНАРОВСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС**

Донаровский водоносный комплекс представлен отложениями пярнуского горизонта и кемерской свиты среднего девона, стонишкяйской свиты нижнего девона. Изученность этих отложений крайне слабая, поэтому водоносный комплекс охарактеризован в целом.

Донаровский комплекс на территории Латвии очень широко распространен. Пярнуский горизонт и кемерская свита развиты на всей территории республики. Кемерская свита распространена в центральной наиболее опущенной части Латвийской седловины и Балтийской синеклизы, по направлению к бортам отложения свиты выклиниваются. Границы распространения ее не установлены и в настоящее время провести их на карте невозможно. Отложения стонишкяйской свиты распространены только в Балтийской синеклизе. На востоке граница ее ориентировочно проходит по линии Рига — Бауска, а на севере — Пилтене — Энгуре.

Отложения пярнуского горизонта почти целиком представлены песчаниками и песками. Песчаники мелко- и тонкозернистые, слабосцементированные глинистым, карбонатным и гипсовым цементом, состоят из кварца, полевого шпата и слюды. Нижнедевонские водовмещающие породы сложены слабосцементированными песчаниками с прослоями алевролитов и глин, сильно глинистых доломитов и доломитовых мергелей. В кровле нижнедевонских отложений песчаники сменяются глинами и алевролитами и играют подчиненную роль. В разрезе преобладают мелко- и среднезернистые кварцевые песчаники на глинистом и доломитовом цементе. Песчаники содержат значительное количество слюды, хлорита и циркона. Все породы нижнего девона сильно ожелезнены.

Общая мощность водоносного комплекса изменяется от 10,2 до 210 м. Максимальную мощность водоносный комплекс имеет в Балтийской синеклизе, где развиты оба водоносных горизонта. В Эзерской скважине она составила 210 м, в Бауской — 187 м. В Латвийской седловине мощность пярнуско-кемерского водоносного горизонта в Плявиньской скважине составила 163 м. По направлению к бортам Латвийской седловины и Балтийской синеклизы мощность донаровского водоносного комплекса постепенно уменьшается. В Даугавпилсской скважине

10 м, в скв. Стренчи 79 м, в скв. Пилтене 138 м. Мощность водоносного комплекса на побережье Рижского залива (Рига — Юрмала — Кемери) 110—140 м.

Отложения донаровского комплекса нигде на поверхность не выходят и вскрыты скважинами на различных глубинах (рис. 15). В зависимости от структурного плана и рельефа глубина залегания кровли комплекса изменяется от 125 до 715 м (в абс. отм. 115—635 м). На значительной глубине (620—715 м) кровля залегает в юго-западной части Латвии в Балтийской синеклизе (в Эзерской скважине — 715 м, абс. отм. кровли — 635 м). В северном и северо-западном направлениях глубина залегания кровли комплекса уменьшается до 125 м (на м. Колкасрагс). В пределах Латвийской синеклизы максимальная глубина залегания донаровского комплекса 460—476 м (в абс. отм. 327—356 м) отмечена в районах Алуksне, Гулбене, Яунпиебалга. По направлению к южному склону Балтийского щита и северо-западному склону Белорусско-Литовского выступа фундамента глубина залегания кровли уменьшается до 125—285 м. В курортных районах республики воды донаровского комплекса могут быть вскрыты на следующих глубинах: Рижское взморье 350—380 м, Кемери — Яункемери 375—415 м, Балдоне 370—390 м, Сигулда 300—325 м, Саулкрасты 290—310 м, Цесис 325—340 м, Валмиера 250—280 м, Огре 350—370 м.

На глубину залегания пьезометрического уровня влияет положение кровли донаровского водоносного комплекса и рельеф местности. В юго-западной части Латвии, где кровля комплекса залегает на глубине 500 м и более, отмечается самое глубокое залегание пьезометрического уровня. В скважинах Ремте и Стури, расположенных на Восточно-Курземской возвышенности, пьезометрический уровень находится на 86 м ниже поверхности земли. В центральной части Латвийской синеклизы, где кровля комплекса залегает на глубине 340—400 м, уровень находится на 15—20 м ниже поверхности земли. В северной части Латвии в пределах возвышенностей уровень залегает на 4—36 м ниже поверхности земли, а в среднем течении р. Гауи выше поверхности земли на 0,5—10 м. По побережью Рижского залива в Приморской низменности пьезометрические уровни донаровского комплекса находятся выше поверхности земли на 6—44 м. На Рижском взморье уровни вод комплекса располагаются выше поверхности земли на 36—37 м, что благоприятно сказывается на их эксплуатации. Абсолютные отметки пьезометрических уровней имеют максимальные значения в пределах северо-западного склона Белорусско-Литовского выступа фундамента на юге и в северной части Латвии.

В г. Даугавпилс абсолютная отметка донаровского комплекса 94 м, в г. Алая 73 м, г. Валмиера 48 м. На южном побережье Рижского залива 40—42 м. Абсолютные отметки уровня снижаются по направлению к северной части Рижского залива. В западной части Латвии абсолютные отметки пьезометрического уровня снижаются в сторону Балтийского моря от 36 м в скважинах Ремте и Стури до 9,4 м в г. Вентспилс.

Водообильность комплекса на территории Латвии определена главным образом для верхней его части. Водообильность пород нижнего девона вообще не определена ни в одной скважине. Нижняя часть комплекса опробовалась в двух скважинах (Кемери и Бауска), а дебит получен только из последней (75 л/сек при самоизливе). Дебиты скважин, вскрывших верхнюю часть комплекса, колеблются от 2 до 30 л/сек при понижениях от 3 до 48 м. Удельные дебиты 0,1—3,4 л/сек. Чаще всего удельные дебиты 0,6—2 л/сек.



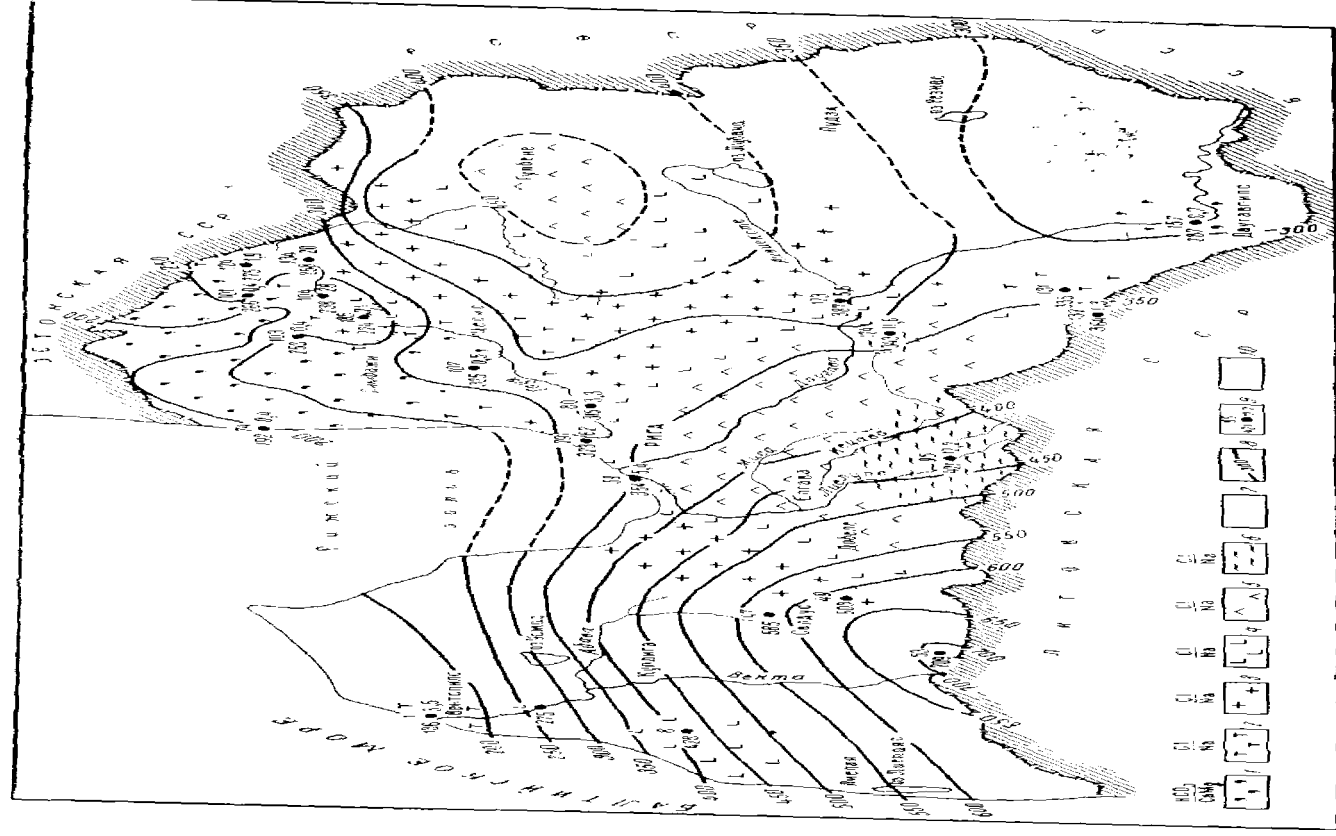


Рис. 15. Схематическая карта глубин залегания криоллы и химического состава вод порфицевого водозащитного горизонта / — гидрофобизатор; криволинейные линии — минерализацией от 0,4 до 10 г/л; 2 — доминант ионов: воды с минерализацией от 1,0 до 3,0 г/л; 3 — до 7,0 г/л; 4 — до 10 г/л; 5 — до 15 г/л; 6 — до 20 г/л; 7 — до 30 г/л; 8 — до 40 г/л; 9 — до 50 г/л; 10 — до 70 г/л; 11 — до 100 г/л; 12 — до 150 г/л; 13 — до 200 г/л; 14 — до 300 г/л; 15 — до 400 г/л; 16 — до 500 г/л; 17 — до 600 г/л; 18 — до 700 г/л; 19 — до 800 г/л; 20 — до 900 г/л; 21 — до 1000 г/л; 22 — до 1100 г/л; 23 — до 1200 г/л; 24 — до 1300 г/л; 25 — до 1400 г/л; 26 — до 1500 г/л; 27 — до 1600 г/л; 28 — до 1700 г/л; 29 — до 1800 г/л; 30 — до 1900 г/л; 31 — до 2000 г/л; 32 — до 2100 г/л; 33 — до 2200 г/л; 34 — до 2300 г/л; 35 — до 2400 г/л; 36 — до 2500 г/л; 37 — до 2600 г/л; 38 — до 2700 г/л; 39 — до 2800 г/л; 40 — до 2900 г/л; 41 — до 3000 г/л; 42 — до 3100 г/л; 43 — до 3200 г/л; 44 — до 3300 г/л; 45 — до 3400 г/л; 46 — до 3500 г/л; 47 — до 3600 г/л; 48 — до 3700 г/л; 49 — до 3800 г/л; 50 — до 3900 г/л; 51 — до 4000 г/л; 52 — до 4100 г/л; 53 — до 4200 г/л; 54 — до 4300 г/л; 55 — до 4400 г/л; 56 — до 4500 г/л; 57 — до 4600 г/л; 58 — до 4700 г/л; 59 — до 4800 г/л; 60 — до 4900 г/л; 61 — до 5000 г/л; 62 — до 5100 г/л; 63 — до 5200 г/л; 64 — до 5300 г/л; 65 — до 5400 г/л; 66 — до 5500 г/л; 67 — до 5600 г/л; 68 — до 5700 г/л; 69 — до 5800 г/л; 70 — до 5900 г/л; 71 — до 6000 г/л; 72 — до 6100 г/л; 73 — до 6200 г/л; 74 — до 6300 г/л; 75 — до 6400 г/л; 76 — до 6500 г/л; 77 — до 6600 г/л; 78 — до 6700 г/л; 79 — до 6800 г/л; 80 — до 6900 г/л; 81 — до 7000 г/л; 82 — до 7100 г/л; 83 — до 7200 г/л; 84 — до 7300 г/л; 85 — до 7400 г/л; 86 — до 7500 г/л; 87 — до 7600 г/л; 88 — до 7700 г/л; 89 — до 7800 г/л; 90 — до 7900 г/л; 91 — до 8000 г/л; 92 — до 8100 г/л; 93 — до 8200 г/л; 94 — до 8300 г/л; 95 — до 8400 г/л; 96 — до 8500 г/л; 97 — до 8600 г/л; 98 — до 8700 г/л; 99 — до 8800 г/л; 100 — до 8900 г/л; 101 — до 9000 г/л; 102 — до 9100 г/л; 103 — до 9200 г/л; 104 — до 9300 г/л; 105 — до 9400 г/л; 106 — до 9500 г/л; 107 — до 9600 г/л; 108 — до 9700 г/л; 109 — до 9800 г/л; 110 — до 9900 г/л; 111 — до 10000 г/л; 112 — до 10100 г/л; 113 — до 10200 г/л; 114 — до 10300 г/л; 115 — до 10400 г/л; 116 — до 10500 г/л; 117 — до 10600 г/л; 118 — до 10700 г/л; 119 — до 10800 г/л; 120 — до 10900 г/л; 121 — до 11000 г/л; 122 — до 11100 г/л; 123 — до 11200 г/л; 124 — до 11300 г/л; 125 — до 11400 г/л; 126 — до 11500 г/л; 127 — до 11600 г/л; 128 — до 11700 г/л; 129 — до 11800 г/л; 130 — до 11900 г/л; 131 — до 12000 г/л; 132 — до 12100 г/л; 133 — до 12200 г/л; 134 — до 12300 г/л; 135 — до 12400 г/л; 136 — до 12500 г/л; 137 — до 12600 г/л; 138 — до 12700 г/л; 139 — до 12800 г/л; 140 — до 12900 г/л; 141 — до 13000 г/л; 142 — до 13100 г/л; 143 — до 13200 г/л; 144 — до 13300 г/л; 145 — до 13400 г/л; 146 — до 13500 г/л; 147 — до 13600 г/л; 148 — до 13700 г/л; 149 — до 13800 г/л; 150 — до 13900 г/л; 151 — до 14000 г/л; 152 — до 14100 г/л; 153 — до 14200 г/л; 154 — до 14300 г/л; 155 — до 14400 г/л; 156 — до 14500 г/л; 157 — до 14600 г/л; 158 — до 14700 г/л; 159 — до 14800 г/л; 160 — до 14900 г/л; 161 — до 15000 г/л; 162 — до 15100 г/л; 163 — до 15200 г/л; 164 — до 15300 г/л; 165 — до 15400 г/л; 166 — до 15500 г/л; 167 — до 15600 г/л; 168 — до 15700 г/л; 169 — до 15800 г/л; 170 — до 15900 г/л; 171 — до 16000 г/л; 172 — до 16100 г/л; 173 — до 16200 г/л; 174 — до 16300 г/л; 175 — до 16400 г/л; 176 — до 16500 г/л; 177 — до 16600 г/л; 178 — до 16700 г/л; 179 — до 16800 г/л; 180 — до 16900 г/л; 181 — до 17000 г/л; 182 — до 17100 г/л; 183 — до 17200 г/л; 184 — до 17300 г/л; 185 — до 17400 г/л; 186 — до 17500 г/л; 187 — до 17600 г/л; 188 — до 17700 г/л; 189 — до 17800 г/л; 190 — до 17900 г/л; 191 — до 18000 г/л; 192 — до 18100 г/л; 193 — до 18200 г/л; 194 — до 18300 г/л; 195 — до 18400 г/л; 196 — до 18500 г/л; 197 — до 18600 г/л; 198 — до 18700 г/л; 199 — до 18800 г/л; 200 — до 18900 г/л; 201 — до 19000 г/л; 202 — до 19100 г/л; 203 — до 19200 г/л; 204 — до 19300 г/л; 205 — до 19400 г/л; 206 — до 19500 г/л; 207 — до 19600 г/л; 208 — до 19700 г/л; 209 — до 19800 г/л; 210 — до 19900 г/л; 211 — до 20000 г/л; 212 — до 20100 г/л; 213 — до 20200 г/л; 214 — до 20300 г/л; 215 — до 20400 г/л; 216 — до 20500 г/л; 217 — до 20600 г/л; 218 — до 20700 г/л; 219 — до 20800 г/л; 220 — до 20900 г/л; 221 — до 21000 г/л; 222 — до 21100 г/л; 223 — до 21200 г/л; 224 — до 21300 г/л; 225 — до 21400 г/л; 226 — до 21500 г/л; 227 — до 21600 г/л; 228 — до 21700 г/л; 229 — до 21800 г/л; 230 — до 21900 г/л; 231 — до 22000 г/л; 232 — до 22100 г/л; 233 — до 22200 г/л; 234 — до 22300 г/л; 235 — до 22400 г/л; 236 — до 22500 г/л; 237 — до 22600 г/л; 238 — до 22700 г/л; 239 — до 22800 г/л; 240 — до 22900 г/л; 241 — до 23000 г/л; 242 — до 23100 г/л; 243 — до 23200 г/л; 244 — до 23300 г/л; 245 — до 23400 г/л; 246 — до 23500 г/л; 247 — до 23600 г/л; 248 — до 23700 г/л; 249 — до 23800 г/л; 250 — до 23900 г/л; 251 — до 24000 г/л; 252 — до 24100 г/л; 253 — до 24200 г/л; 254 — до 24300 г/л; 255 — до 24400 г/л; 256 — до 24500 г/л; 257 — до 24600 г/л; 258 — до 24700 г/л; 259 — до 24800 г/л; 260 — до 24900 г/л; 261 — до 25000 г/л; 262 — до 25100 г/л; 263 — до 25200 г/л; 264 — до 25300 г/л; 265 — до 25400 г/л; 266 — до 25500 г/л; 267 — до

на многолюдных и в то же время контрастно окрашенных род с большими чужеродным растениям

Донаровский комплекс содержит воды с различной минерализацией — от 0,3—0,4 г/л до соленых с минерализацией 10—12 г/л (см. рис. 16). Минерализация воды зависит от структурных особенностей, обуславливающих различную глубину залегания водоносных пород. Пресные воды распространены на юге и севере Восточной Латвии, на северо-западном склоне Белорусско-Литовского выступа фундамента и южном склоне Балтийского щита, где отложения залегают близко от поверхности земли, а за пределами республики выходят на дневную или дочетвертичную поверхность. Здесь породы интенсивно промыты, вследствие чего произошло разбавление и вытеснение соленых вод атмосферными осадками. Пресные воды относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типу (см. рис. 15).

Большую роль в формировании химического состава вод комплекса играют Валмиерское, Мыныстское и Локновское поднятия. В Локновском поднятии, где отсутствуют отложения силура и ордовика, донаровский комплекс залегает непосредственно на кембрийских породах. Здесь происходит интенсивное перетекание рассольных вод кембрия с минерализацией 56 г/л в донаровский комплекс, и минерализация вод последнего резко увеличивается. Следует подразумевать, что аналогичное явление имеет место и в районе Валмиерского поднятия фундамента, хотя отсутствие там отложений силура и ордовика пока не доказано. Резкое возрастание минерализации вод (до 9 г/л) и значительное содержание брома в скважине Стренчи (20 мг/л) подтверждают изложенную точку зрения. Следующим фактором, играющим немаловажную роль в распределении минерализации вод, следует считать разломы тектонического характера в районе Валмиерско-Локновского поднятия фундамента. По этим разломам в зонах дробления и трещиноватости рассольные воды кембрия перетекают в донаровский комплекс. Остальная территория Латвии гораздо слабее изучена, и роль структурно-тектонических факторов в распределении минерализации воды не ясна. Можно только предполагать, что они имеются и играют не меньшую роль. Отдельно следует отметить предполагаемое Субатско-Кокнеское поднятие и его продолжение на север — Эрглинское поднятие. Минерализация воды, полученной из Плявиньской скважины, 5,7 г/л, а в 20 км западнее — юго-западнее на противоположном крыле поднятия в скв. Сеце минерализация воды 11 г/л и продолжает увеличиваться в сторону Балтийской синеклизы, достигая максимальной величины в Бауской скважине (12 г/л). Минерализация вод донаровского комплекса на Рижском взморье 4,6 г/л в скв. Кемери и 7 г/л в Дзинтари — санаторий «Балтия». Солоноватые и рассольные воды комплекса относятся к хлоридно-кальциевого типу. Ниже приводятся формулы Курлова для соленоватых вод, полученных из скв. Стренчи и соленых вод из скв. Сеце:

$$M_{2,9} \frac{Cl 85 \ SO_4 10 \ HCO_3 5}{Na 25 \ Ca 14 \ Mg 9 \ K 2}; \quad M_{10,9} \frac{Cl 78 \ SO_4 21}{Na 69 \ Ca 30}.$$

Содержание в водах брома 2,5—21,3 мг/л, чаще около 7 мг/л; йода 0,0—0,04 мг/л; фтора 0,0—0,8 мг/л;  $HPO_4$  0,0—0,2 мг/л;  $HBO_2$  1,5—4,0 мг/л;  $F^{++} + F^-$  0,05—6,25 мг/л. Иногда воды донаровского комплекса содержат десятки и сотые доли миллиграмма на литр Mn, Cu, Zn и других элементов. В Бауской скважине при самоизливе вода содержала пузырьки газа, состоящие из  $O_2$  15% и N 85%. Окисляемость воды  $O_2$  1,3—11,4 мг/л. Температура воды на устье скважин 9,5—14° С.

Области питания донаровского водоносного комплекса расположены за пределами республики на территории Эстонии и Белоруссии, где отложения комплекса на Белорусско-Литовском выступе фундамента и южном склоне Балтийского щита выходят на дочетвертичную

поверхность или обнажаются на дневной поверхности. Там пьезометрические уровни имеют максимальные отметки. Разгрузка вод комплекса происходит в северной части Рижского залива, в Балтийском море и частично по зонам нарушения в вышележащие водоносные горизонты.

Донаровский водоносный комплекс на территории Латвии имеет большое практическое значение. Солоноватые и соленые воды применяются в бальнеологических целях на курортах Кемери, Личи, Рижское взморье и в других местах. Широко распространена Валмиерская минеральная вода. В северо-восточной части Латвии водами донаровского комплекса снабжаются населенные пункты Салацгрива, Айнажи, Алоя, колхозные и совхозные фермы.

## **ВОДЫ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Отложения нижнепалеозойской терригенной толщи на территории Латвийской ССР распространены повсеместно. Они относятся к нижней части тремадокского яруса нижнего ордовика, кембрийской системе и вендскому комплексу.

За последние годы получен ряд данных о глубинном геолого-гидрологическом строении Латвийской ССР, особенно ее западной части. Первые достоверные сведения об условиях залегания, мощности и фациальной характеристике были получены в результате опорного бурения Плявиньской скважины в 1948 г. В последующие годы в Латвии пробурено и опробовано более десятка структурных и разведочных скважин, вскрывших отложения нижнепалеозойской терригенной толщи (см. рис. 1).

На основании фактического материала в республике можно выделить следующие водоносные комплексы и горизонты, заключенные в терригенно-песчаных пачках;

- 1) пакерортско-тискреский водоносный горизонт нижнего ордовика и среднего кембрия;
- 2) нижнекембрийский водоносный комплекс;
- 3) вендский водоносный комплекс.

### **ПАКЕРОРТСКО-ТИСКРЕСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ НИЖНЕГО ОРДОВИКА И СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ**

В основании водоупорных карбонатных пород ордовика в Латвии залегает пачка песчаников, относящихся к пакерортскому горизонту нижнего ордовика и тискрескому горизонту среднего кембрия. В гидрогеологическом отношении нет смысла делить пачку песчаников на два горизонта, поэтому она рассматривается как единый водоносный горизонт.

Пакерортско-тискреский горизонт распространен повсеместно. В Валмиерско-Локновском поднятии фундамента и к юго-западу от него горизонт залегает на породах кристаллического фундамента; на остальной территории — на размытой поверхности нижнего кембрия. Горизонт представлен мелко- и тонкозернистыми песчаниками с малочисленными прослоями алевролитов и глин.

Мощность горизонта возрастает к западу и достигает максимальной величины в Рижской впадине (87 м). Увеличение мощности отмечается также в осевой части Латвийской седловины. На своде Валмиерско-Локновского поднятия фундамента мощность отложений не превышает 30 м, в центральной части республики (Инчукалнс) более 40 м, иногда достигает 60 м. На своде Лиепайско-Салдусского поднятия мощ-

Таблица 10

## Водообильность терригенных отложений нижнего палеозоя

Номер скважины на карте	Местоположение	Геологический индекс	Абсолютные отметки устья скважины, м	Интервал опробования, м	Глубина залегания статического уровня, м отн абс	Дебит л/сек	Понижение, м	Удельный дебит л/сек
104	Стренчи	$O_{1pr} + Cm_2ts$	43,94	362—382	$\frac{+3,94}{47,88}$	9,64	13,9	0,7
4	Пилтене	$O_{1pr} + Cm_2ts$	10,5	1120—1130	$\frac{3,6}{6,9}$	0,75	—	—
4	"	$O_{1pr} + Cm_2ts$	10,5	1155	$\frac{5,5}{5,0}$	0,53	—	—
80	Инчукалнс, структура 1р	$O_{1pr} + Cm_2ts$	37,46	701—711	$\frac{16,7}{20,76}$	4,36	8,5	0,51
80 <sup>a</sup>	Инчукалнс, структура 2р	$O_{1pr} + Cm_2ts$	57,4	976—986	$\frac{38,5}{18,90}$	3,18	3,3	0,96
8	Адзе	$O_{1pr} + Cm_2ts$	~37,0	991—997	$\frac{39,0}{-2,0}$	0,8	—	—
8	"	$Cm_1ln$	~37,0	1111—1114	$\frac{42,0}{-5,0}$	0,43	—	—
47	Ремте	$C_{1pr} + Cm_2ts$	119,0	1177—1185	$\frac{83,40}{35,60}$	—	3,4	—
49	Блидене	$O_{1pr} + Cm_2ts$	114,0	1040—1045	$\frac{109,6}{4,40}$	0,9	2,0	0,45
49 <sup>a</sup>	Стури	$O_{1pr} + Cm_2ts$	120,0	1174—1230	$\frac{106,8}{13,20}$	1,1	2,2	0,5
123	Плявиняс	$O_{1pr} + Cm_2ts$	74,64	940—943	$\frac{+?}{-}$	0,33 Самонизлив	—	—
123	"	$O_{1pr} + Cm_2ts$	74,64	968—977	$\frac{+?}{-}$	0,18 Самонизлив	—	—
	"	$Vgd$	74,64	995—1011	$\frac{+?}{-}$	0,26 Самонизлив	—	—
95	Бауска	$O_{1pr} + Cm_2ts$	13,9	1030—1039	$\frac{+6,6}{20,50}$	2,6 Самонизлив	3,8	0,7
95	"	$O_{1pr} + Cm_2ts$	13,9	1059,5—1051	$\frac{+8,0}{21,9}$	—	—	—
95	"	$Vgd$	13,9	1102—1069	$\frac{+7,6}{21,5}$	0,42 Самонизлив	—	—
131	Акнисте	$O_{1pr} + Cm_2ts$	100,7	834—862	$\frac{+4,0}{104,7}$	2,0	3,6	0,5
157	Межциемс	$O_{1pr} + Cm_2ts$	96,85	535—576,5	$\frac{5,15}{91,70}$	1,9	17,0	0,11
157 <sup>a</sup>	Даугавпилс	$O_{1pr} + Cm_2ts$	~97	536—566	$\frac{+1,0}{98}$	—	—	—

ность горизонта несколько сокращается по сравнению с Рижской впадиной и не превышает 50 м.

Коллекторские свойства терригенных пород пакерортско-тискреского горизонта сравнительно однообразны. Пределы колебаний пористости песчаной пачки обычно ограничиваются 22—30%, а проницаемости — 57—168 миллдарси. Несколько повышенная пористость и проницаемость отмечается на своде и склонах Валмиерско-Локновского поднятия (пористость 35%).

Наиболее полно изучены физические параметры пласта-коллектора на Инчукалнской структуре. Результаты гидрогеологических исследований показали продуктивность скважин от 0,6 до 2,3 л/сек, пьезопроводность — от 58184 до 238000 см<sup>2</sup>/сек. Несмотря на то, что откачки осуществлялись открытым забоем, призабойная зона песчаника не подвергалась разрушению, хотя депрессия иногда достигала 16,3 атм. Это подтверждает хорошую и достаточную степень сцементированности песчанников.

Приведенные данные позволяют считать, что песчаники в целом обладают высокими коллекторскими свойствами и служат хорошимместилищем подземных вод.

Дебиты скважин на остальной территории Латвийской ССР варьируют от десятых долей до 10 л/сек (табл. 10). Такая значительная амплитуда колебаний водообильности, очевидно, вызвана качеством опробования горизонта. Наибольшие дебиты получены при опробовании скважин эрлифтной откачкой. Так, по данным А. Г. Артеменко, на Инчукалнской структуре при эрлифтной откачке скважин 1р и 2р (интервал опробования 701—711 и 976—986 м) получены дебиты 3—4 л/сек. В Стренчи при откачке эрлифтом (глубина 360—385 м) получен приток до 10 л/сек при понижении 14 м. В Акнисте при самоизливе (глубина опробования 1051—1060 м) дебит составил 2 л/сек. В то же время скважины, опробованные методом тартания, всюду показали явно заниженные дебиты. Это относится в первую очередь к некоторым скважинам в Курземе. Данные о водообильности пакерортско-тискреского горизонта приведены в табл. 10.

Химический состав вод горизонта довольно однородный, в целом — это рассолы хлор-кальциевого типа. На большей части территории, как видно из табл. 11, минерализация вод колеблется от 83 до 119 г/л. Зонной пониженной минерализации вод (35 г/л) является юго-западный склон Валмиерско-Локновского поднятия фундамента. На своде и в северной полосе, прилегающей к поднятию (Эстонская ССР), отмечается минерализация вод 1,3—1,7 г/л. Подобная невысокая минерализация вод пакерортско-тискреского горизонта связана с экранирующей ролью поднятия, приводящей к разгрузке вод в вышележащие горизонты с последующим их опреснением. По направлению к центральной части Латвийской седловины отмечается повышение метаморфизации вод. Если на северном и южном склонах этой структуры величина отношения  $\frac{Na}{Cl}$  составляет 0,77 (Стренчи) — 0,82 (Межциемс), то в центральных районах она понижается до 0,76—0,69 (Плявиняс, Инчукалнс). Во всех скважинах восточной части республики фиксируется повышенный коэффициент сульфатности, что говорит о бесперспективности описываемого горизонта для поисков нефти.

Воды горизонта в Западной Латвии характеризуются более высокой метаморфизацией (величина отношения  $\frac{Na}{Cl}$  повсеместно менее 0,7). В этом районе весьма интересна закономерность изменения сульфатности вод. Выделяются две области с пониженной сульфатностью вод:

Номер скважины на карте	Местоположение и интервал опробования, м	pH	Удельный вес	Общая минерализация, г/л	Сухой остаток, г/л	Cl мг/л мг-экв. %	SO <sub>4</sub> мг/л мг-экв. %	HCO <sub>3</sub> мг/л мг-экв. %	Ca мг/л мг-экв. %	Mg мг/л мг-экв. %	Na мг/л мг-экв. %	K мг/л мг-экв. %	Na Cl	Ca Mg	Cl—Na Mg	SO <sub>4</sub> :100 Cl	Cl Br	Br	J	NBO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	Fe	Формула Курлова
Химический состав и характерные соотношения вод пакерортско-тискреского горизонта																							
104	Стренчи 362—382	7,4	1,0221	34,7	37,0	20500,0 578,1 98	489,8 10,2 1,7	111,0 1,82 0,3	1851,5 92,39 15,7	621,3 51,09 8,6	10065,0 437,67 74,2	350 8,95 1,5	0,77	1,8	2,7	1,7	198	154,1	—	8,0	0,3	3,0	M <sub>35</sub> $\frac{Cl 98 SO_4 1,7}{Na 74,2 Ca 15,7 Mg 8,6}$
105	Валмиера 371—402	7,4	—	37,5	37,8	22300,0 628,8 98,0	519,2 10,8 1,7	105,5 1,73 0,3	409,1 20,4 3,2	143,3 11,79 1,8	13928,0 605,57 94,5	135,0 3,45 0,5	9,2	1,1	1,7	1,8	—	—	—	—	—	—	M <sub>86</sub> $\frac{Cl 98 SO_4 1,7}{Na 94,5 Ca 3,2 Mg 1,8}$
4	Пилтене 1155	6,3	Не опр.	117,8	127,0	13400,0 2069,88 99,5	372,0 7,75 0,4	27,0 0,1 —	8708,0 434,53 20,9	3004,0 247,05 11,9	32230,0 1397,24 67,2	—	0,67	1,8	2,7	0,4	172	427*	0,4	50,0	Не опр.	Не опр.	M <sub>115</sub> $\frac{Cl 99,5}{(Na+K) 67,2 Ca 20,9 Mg 11,9}$
4	Пилтене 1120—1130	6,9	" "	77,6	98,5	48200,0 1359,6 99,43	327,0 6,8 0,99	64,0 1,0 —	5906,0 294,69 22,04	1831,0 150,55 10,95	21188 921,13 67,01	—	0,67	2,0	2,7	0,5	270	280*	0,4	25,0	" "	" "	M <sub>78</sub> $\frac{Cl 99,4}{(Na+K) 67 Ca 22 Mg 11}$
157 <sup>a</sup>	Даугавпилс 553	Не опр.	" "	104,0	103,0	61928,8 1746,81 96,8	2730,0 56,8 3,1	Не опр.	5140,1 256,5 14,3	1639,4 134,87 7,5	32112,9 1396,56 77,6	370,5 9,47 —	0,80	1,9	2,6	3,2	306	202*	Не опр.	Не опр.	" "	" "	M <sub>104</sub> $\frac{Cl 96,8 SO_4 3,1}{Na 77,6 Ca 14,3 Mg 7,5}$
131	Акнисте	" "	" "	70,0	—	11128,3 313,8 96,4	493,9 10,3 3,2	36,7 0,6 0,2	841,7 42,0 12,8	50,4 8,2 0,6	6483,0 279,3 85,8	—	—	—	—	—	34 0,4	—	—	—	—	—	M <sub>70</sub> $\frac{Cl 96,4 SO_4 3,2}{(Na+K) 85,8 Ca 12,8}$
80	Инчукалис структура 1р 701—711	6,5	1,07	103,1	Не опр.	63758,8 1798,95 98,98	862,5 17,95 0,98	24,4 0,4 0,04	6449,1 321,81 17,7	2805,1 230,6 12,7	28927,3 1257,71 69,26	242,4 6,2 0,34	0,69	1,4	2,3	1,0	307	207,6	—	27,9	5,4	Не опр.	M <sub>103</sub> $\frac{Cl 98,98}{Na 69,26 Ca 17,7 Mg 12,7}$
80 <sup>a</sup>	Инчукалис структура 2р 976—986	6,6	1,068	99,5	" "	60813,9 1715,0 98,78	990,5 20,62 1,18	36,6 0,6 0,04	6573,1 328,0 18,9	1583,2 130,2 7,5	29239,6 1271,29 73,22	263,2 6,73 0,38	0,75	2,5	3,4	1,20	248	245,6	—	16,6	5,4	" "	M <sub>100</sub> $\frac{Cl 98,78}{Na 73,22 Ca 18,9 Mg 7,5}$
8	Адзе 991—997	6,9	1,07352	109,5	125,8	67800 1911,96 99,7	329,1 6,85 0,3	47,0 0,77 —	9545,0 476,29 24,9	1871,1 153,87 8,0	29500 1282,66 66,8	260,0 6,65 0,3	0,67	3,1	4,04	0,4	170	360*	0,4	Не опр.	2,0	21,6	M <sub>110</sub> $\frac{Cl 99,7}{Na 66,8 Ca 24,9 Mg 8}$
8	Адзе 1023—1030	6,5	1,08171	118,7	139,8	73300 2067,06 99,7	343,2 7,14 0,3	40,9 0,67 —	10420,0 519,96 25,1	1638,0 134,5 6,5	32500,0 1413,10 68,1	280,0 7,16 0,3	0,68	3,9	4,7	0,3	—	—	0,4	" "	2,0	40,9	M <sub>119</sub> $\frac{Cl 99,7}{Na 68,1 Ca 25,1 Mg 6,5}$
47 <sup>a</sup>	Куйли 1163,7—1165,7	6,4	1,0768	111,3	121,8	68000,0 1917,6 98,7	1078,3 22,45 1,3	32,3 0,53 —	7942,6 396,42 20,5	2654,7 185,43 9,6	30800,0 1338,17 68,9	270,0 6,9 0,3	0,69	2,1	3,1	1,6	160	425,4	Сл.	20,0	0,1	25,4	M <sub>111</sub> $\frac{Cl 98,7 SO_4 1,3}{Na 68,9 Ca 20,5 Mg 9,6}$
47	Ремте 1177—1185	7,0	1,0613	84,3	108,4	52000 1466,4 98,7	839,0 17,47 1,2	90,0 1,48 0,1	6172,0 308,04 20,9	2252,0 185,20 12,5	22400,0 973,95 66,1	250,0 6,39 0,4	0,67	1,6	2,6	1,2	170	300*	—	5,0	0,5	Не опр.	M <sub>84</sub> $\frac{Cl 98,7 SO_4 1,2}{Na 66,1 Ca 20,9 Mg 12,5}$
49	Блидене 1041—1045	6,6	1,0717	115,8	125,2	75200 2120,60 99,7	266,0 5,54 0,2	177,0 2,9 0,1	926,0 462,17 21,7	4500,0 369,94 17,3	29600,0 1287,01 60,5	376,0 9,61 0,5	0,67	1,3	2,2	0,3	150	500	0,7	10,0	1	47,6	M <sub>116</sub> $\frac{Cl 99,7}{Na 60,5 Ca 21,7 Mg 17,3}$
49 <sup>b</sup>	Циецере 1120,8—1122,8	7,1	—	108,8	108,8	67800,0 1911,96 98,9	972,8 20,25 1,1	50,0 0,82 —	7643,3 381,4 19,6	2682,5 220,6 11,6	30513,4 1326,67 68,6	170,0 4,35 0,2	0,69	1,7	2,4	1,0	—	—	—	—	0,05	50,0	M <sub>110</sub> $\frac{Cl 98,9 SO_4 1,1}{Na 68,6 Ca 19,6 Mg 11,6}$
49 <sup>a</sup>	Стури 1174—1230	6,2	1,0665	96,1	109,0	59200 1669,5 98,8	947,0 19,7 1,2	40,0 0,7 0	6595,0 329,1 19,5	2544 209,2 12,4	26250 1141,4 67,5	400 10,2 0,6	0,69	1,6	2,5	1,2	186	318*	0,2	20,0	0,3	34,87	M <sub>86</sub> $\frac{Cl 98,8 SO_4 1,2}{Na 67,5 Ca 19,5 Mg 12,4}$
123	Плявиняс 968—977	7,0	Не опр.	82,9	83,1	49374,5 1392,4 95,3	1593,6 33,2 2,3	42,7 0,7 —	4324,63 215,8 15,1	1743,73 143,4 10,3	2575,7 1062,8 74,4	9772,6 250,18 6,14	0,76	1,9	2,3	2,4	304	162,24	0,93	19,2	Не опр.	Не опр.	M <sub>83</sub> $\frac{Cl 95,3 SO_4 2,3}{Na 74,4 Ca 15,1 Mg 10,3}$
123	Плявиняс 940—943	Не опр.	"	100,3	100,1	60282 1700,9 97,6	1849,50 38,53 1,8	152,5 2,5 0,1	5310,6 265,0 15,2	1410,56 116,0 6,6	31280,69 1360,03 78,1	—	0,82	2,3	2,9	2,3	317	180*	Не опр.	Не опр.	" "	" "	M <sub>100</sub> $\frac{Cl 97,6 SO_4 1,8}{(Na+K) 78,1 Ca 15,2 Mg 6,6}$
95	Бауска 1059,5—1051	" "	1,07	112,3	Не опр.	67662,4 1908,13 98,32	1363,2 28,40 1,4	56,73 0,93 —	7074,12 353,0 18,18	4211,42 208,90 10,76	31711,48 1378,76 71,05	—	0,72	1,7	2,5	1,4	264	256	0,1	" "	" "	" "	M <sub>112</sub> $\frac{Cl 98,3 SO_4 1,4}{(Na+K) 71 Ca 18,2 Mg 10,7}$
95	Бауска 1039—1030	" "	1,1	117,2	" "	70590,1 1990,7 98	1468,8 30,6 1,5	45,14 0,74 —	7494,96 374,0 18,6	4477,54 222,1 10,9	32873,21 1429,27 70,5	—	0,71	1,7	2,5	1,5	261	266,0	0,09	" "	" "	" "	M <sub>111</sub> $\frac{Cl 98 SO_4 1,5}{(Na+K) 70,5 Ca 18,6 Mg 10,9}$
157	Межциемс 535—576,5	6,2	1,0702	130,1	116,6	78500 2213,92 98,1	2000,0 41,64 1,8	49,0 0,8 —	4800,0 239,5 10,6	2100 172,69 7,3	42175,0 1834,4 81,3	390 9,97 0,4	0,82	1,3	2,1	1,8	523	150	0,2	30,0	1,0	20,6	M <sub>117</sub> $\frac{Cl 98,1 SO_4 1,8}{Na 81,3 Ca 10,6 Mg 7,3}$

## Химический состав и характерные соотношения вод нижнего кембрия

8	Адзе 1111—1114	6,6	1,0743	104,1	133,0	64600,0 1821,72 99,7	212,3 4,42 0,2	70,2 1,15 0,1	9004,0 449,3 24,5	2293,3 188,59 10,4	27200,0 1182,66 64,8	260,00 6,65 0,3	0,65	2,4	3,3	0,2	167	386,4	0,4	40,0	0,1	41,66	M <sub>104</sub> $\frac{Cl 99,7}{Na 64,8 Ca 24,5 Mg 10,4}$
---	----------------	-----	--------	-------	-------	----------------------------	----------------------	---------------------	-------------------------	--------------------------	----------------------------	-----------------------	------	-----	-----	-----	-----	-------	-----	------	-----	-------	--

## Химический состав и характерные соотношения вод гдовского горизонта

123	Плявиняс 995—1011	7,0	1,081	100,7	100,4	60804,0 1714,8 97,5	1840,0 38,33 2,2	46,25 0,76 —	5559,0 277,3 15,7	2099,9 172,68 9,8	29861,0 1298,6 73,3	814,5 8,04 0,5	0,76	1,6	2,4	2,3	285	212,7	0,925	15,7	Не опр.	Не опр.	M <sub>101</sub> $\frac{Cl 97,5 SO_4 2,2}{Na 73,3 Ca 15,7 Mg 9,8}$
95	Бауска 1102—1069	6,2	1,07	119,2	Не опр.	71891,3 2027,39 98,4	1408,0 29,33 1,4	36,6 0,6 —	7555,08 377,07 18,3	4457,38 221,1 10,7	33639,51 1462,59 70,9	—	0,74	1,7	2,6	1,4	268	269,06	0,1	Не опр.	" "	" "	M <sub>119</sub> $\frac{Cl 98,4 SO_4 1,4}{(Na+K) 70,9 Ca 18,3 Mg 10,7}$

Примечание. Значения Br получены расчетным способом по формуле  $\frac{Cl}{Br} = 34 \frac{1 + \frac{Na}{Cl}}{1 - \frac{Na}{Cl}}$ .

район Блиденской структуры — коэффициент  $\frac{\text{SO}_4 \cdot 100}{\text{Cl}} = 0,26$  и второй участок Адзенской структуры с еще более пониженной величиной. Сведения по метаморфизации и сульфатности вод этих районов свидетельствуют о перспективности их для поисков нефти. Подтверждением этого является присутствие нефти в Адзе на Кулдигской структуре.

В водах нижнего ордовика и среднего кембрия отмечены значительные количества брома. Наибольшее содержание брома в пакерортско-тискреском горизонте фиксируется в северо-западной части территории, охватывающей Лиепайско-Салдусское поднятие и его склоны. Максимальное содержание брома (500 мг/л) установлено в водах Блиденской структуры. Сравнение вод Западной и Восточной Латвии показывает, что последние обладают более низким содержанием брома. Это обстоятельство свидетельствует о более интенсивном водообмене в Латвийском артезианском бассейне по сравнению с Польско-Литовским.

Весьма интересно, что в ряде населенных пунктов (Адзе, Бауска, Плявиняс) воды горизонта, опробованные поинтервально, менее минерализованы и метаморфизованы в нижележащих интервалах, чем в верхних. Подобный факт можно объяснить неоднородной проницаемостью горизонта в разрезе, которая создает различные скорости движения воды в коллекторе. Более проницаемые отложения промыты лучше и воды характеризуются меньшей минерализацией.

Сведений о газах, растворенных в водах пакерортско-тискреского горизонта, очень мало. Газонасыщенность отложений этого горизонта изучалась только на Акнистской структуре и составила 38—56 см<sup>3</sup>/л. Растворенные газы состоят в основном из азота (более 80%), причем с глубиной количество его уменьшается. Углекислота и сероводород присутствуют в ничтожных количествах. В небольшом количестве имеются углеводороды. В основном они отмечаются в пределах Балтийской синеклизы.

Ограниченность данных по химическому составу газов, газонасыщенности и упругости не позволяет наметить какие-либо закономерности в изменении газов по исследуемой территории, но все же можно констатировать присутствие азотных газов, обладающих незначительной упругостью и находящихся в водах в растворенном состоянии, а также уменьшение количества азота в сторону Балтийской синеклизы.

Заслуживают внимания вопросы, связанные с направлением движения подземных вод не только пакерортско-тискреского горизонта, но и всего комплекса терригенных отложений нижнего палеозоя.

Четко выраженные геоструктурные условия Белоруссии и прилегающих к ней районов показывают, что основной областью питания горизонтов нижнего палеозоя является Белорусско-Литовский выступ, на котором кристаллические породы фундамента поднимаются почти на 100 м выше уровня моря, а лежащие на них терригенные слои нижнего палеозоя покрываются четвертичными, триасовыми и меловыми осадками, содержащими пресные воды. Воды движутся вниз по падению пород от Белорусско-Литовского выступа в сторону Балтийского моря, Рижского залива и Валмиерско-Локновского поднятия. Указанные направления подтверждаются, хотя и отрывочными, но достаточно убедительными данными по пьезометрическим уровням. Даже без пересчета этих уровней с учетом минерализации воды устанавливается, что наиболее высокие отметки приурочены к Белорусско-Литовскому выступу (в Минске 196 м абс. отм.), а наиболее низкие — к побережью Балтийского моря и Рижского залива (Адзе — 5 м, Инчукалнс +21 м, Пилтене +5 м).

По пути движения к основной дрене — Балтийскому морю — воды нижнего палеозоя обтекают положительные структуры, а иногда разгружаются на их склонах. Подтверждением этого служат абсолютные отметки уровней на своде и склонах Лиепайско-Салдусского поднятия.

Особый интерес, как область местной разгрузки, вызывает Валмиерско-Локновское поднятие. Небольшая по мощности водонепроницаемая покрывка (Стренчи, Валмиера, Лаанеметса) карбонатных пород ордовика, а иногда и полная взаимосвязь терригенных толщ нижнего палеозоя с девонскими создают благоприятные условия для перетекания высоконапорных вод нижнего палеозоя в девонские. Однако, отмечая вертикальное движение, т. е. разгрузку вод снизу вверх, нельзя не предположить, что на отдельных участках свода и склонов имеет место обратное явление, в результате которого нижнепалеозойские воды опресняются и получают дополнительное питание. Лишь на основании гидрохимических показателей можно получить представление о том, какую значительную роль играет Валмиерско-Локновское поднятие фундамента.

### **НИЖНЕКЕМБРИЙСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС**

Нижекембрийские отложения балтийской серии распространены почти на всей территории Латвии. Они отсутствуют только в своде Валмиерско-Локновского поднятия и к юго-западу от него.

Эти отложения залегают на породах вендского комплекса; в Лиепайско-Салдусском поднятии — на породах кристаллического фундамента. Балтийская серия состоит из пиритаского, лонтоваского и ломоносовского горизонтов, сложенных песчаниками, алевролитами и в большей степени глинами, которые не имеют четкой стратиграфической выдержанности. Мощность отложений этой серии зафиксирована на востоке республики и за ее пределами (Понкули 40 м, Дрисса 153 м), а также в Рижской впадине (Пилтене 80 м). На Лиепайско-Салдусском поднятии и его склонах мощность отложений балтийской серии не превышает 65 м, а в центральной части Латвии уменьшается до 14 м (Плявиняс) и существенной роли в гидрогеологическом разрезе нижнего палеозоя не играет.

Пиритаский горизонт в Латвии имеет незначительную мощность (до 6—9 м). Сложен он мелкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и глин.

Лонтоваский горизонт в пределах Латвийской седловины представлен верхней частью разреза, состоящей из «синих глин». Иная картина вырисовывается в разрезе Рижской впадины, где вскрыта наиболее полная мощность (65 м) данного горизонта в Прибалтике. В основании горизонта залегает небольшая пачка глин, перекрываемая песчаниками мощностью до 30 м, и лишь выше песчаников наблюдаются глины, типичные для разреза горизонта «синих глин». В Лиепайско-Салдусском поднятии мощность горизонта сокращается до 40—50 м и на его своде вскрывается верхняя часть разреза, залегающая на поверхности кристаллического фундамента.

Ломоносовский горизонт, залегающий в основании разреза комплекса, представлен чередующимися маломощными прослоями песчаников, алевролитов и глин; мощность и число их в разрезе увеличивается в Рижской впадине и на востоке Латвии, где горизонт становится относительным водоупором. Мощность горизонта колеблется от 9 до 20 м.

Водоносность и химизм вод отложений нижнего кембрия изучены очень слабо. В связи с пестротой литологического состава пород и фациальной изменчивостью следует ожидать и весьма изменчивой водо-



обильности. Проницаемые породы в разрезе часто замещаются непроницаемыми или слабопроницаемыми. Поэтому водоносные горизонты представляют сложную систему связанных между собой водоносных прослоев. Сложное гидрогеологическое строение и слабая изученность нижнекембрийских отложений послужили основанием для выделения их в единый водоносный комплекс, несмотря на небольшую мощность.

Зимой 1963 г. на Адзенской структуре произведено опробование открытым стволом песчаников лонтоваского горизонта на глубине 1111—1114 м. В результате опробования были вскрыты высоконапорные рассолы с минерализацией 104 г/л. Статический уровень установился на отметке 45 м от поверхности земли.

Воды хлор-кальциевые (по В. А. Сулину) с отношением  $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}} = 0,65$  и небольшим содержанием сульфатов ( $\frac{\text{SO}_4 \cdot 100}{\text{Cl}} = 0,24$ ) Их химический состав представлен в виде формулы Курлова

$$M_{104} \frac{\text{Cl } 99,7 \text{ SO}_4 0,3}{\text{Na } 64,8 \text{ Ca } 24,5 \text{ Mg } 65}.$$

Вода содержит значительное количество брома (386,4 мг/л) и сравнительно много железа (41,7 мг/л). Из приведенных данных трудно делать выводы о химизме вод комплекса для районов Западной Латвии, но нельзя не отметить некоторую особенность в целом: их несколько меньшую минерализацию по сравнению с водами вышележащего горизонта (см. табл. II).

### ВЕНДСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ КОМПЛЕКС

Водоносные горизонты в вендском комплексе отложений заключены в терригенных алевролито-песчаных пачках и приурочены к котлинскому и гдовскому горизонтам.

В пределах Латвийской седловины, на юго-восточном склоне Валмиерско-Локновского поднятия и в Рижской впадине Балтийской синеклызы отложения комплекса залегают на неровной выветрелой поверхности кристаллического фундамента. На своде, на южном и юго-западном склонах Валмиерско-Локновского поднятия, а также на Лиепайско-Салдусском поднятии отложения вендского комплекса отсутствуют.

Отложения комплекса представлены гравелитами, разнотернистыми, иногда аркозовыми песчаниками с прослоями алевролитов и глин. В разрезе скв. Пилтене (Рижская впадина) почти весь комплекс сложен песчаниками.

В Латвийской седловине в направлении с запада на восток в разрезе начинает возрастать количество глинистого материала и котлинский горизонт становится водоупором. Подобные фациальные изменения позволяют в Латвийском артезианском бассейне выделить внутри комплекса гдовский водоносный горизонт, перекрытый водоупорными глинами котлинского горизонта. В Рижской впадине — Польско-Литовском артезианском бассейне гдовский и котловинский горизонты образуют единый водоносный комплекс, расчлененный небольшими прослоями глин и алевролитов на водоносные прослои и линзы. Водоносный комплекс перекрывается водонепроницаемыми ломоносовскими глинами. Мощность его 46 м.

Мощность гдовского водоносного горизонта, развитого в Латвийской седловине, увеличивается в восточном направлении от 14 м в Бауске до 63 м в Понкули.

Несмотря на широкое распространение, гдовский горизонт изучен слабо и опробован лишь в скважинах, расположенных в Восточной Латвии — Бауске и Плявиняс (см. рис. 1). В Бауской скважине гдовские песчаники были опробованы открытым забоем на глубине 1102—1069 м. В данный интервал вошли породы фундамента. Откачкой был вызван самоизлив воды с дебитом 0,42 л/сек, статический уровень установился на высоте +6,6 м от поверхности земли (абс. отм. +20,5 м).

При испытании горизонта в Плявиньской скважине также был вызван самоизлив воды (абс. отм. устья скважины 74,6 м) с дебитом 0,3 л/сек.

Химизм вод гдовского горизонта характеризуется данными табл. 11. Из табл. 11 видно, что воды обладают высокой минерализацией, увеличивающейся в сторону Балтийской синеклизы. В этом же направлении возрастает метаморфизация вод. Содержание брома, по двум анализам, превышает 250 мг/л, количество йода ничтожно. Газовый каротаж, проводившийся в Бауской скважине путем десорбции глинистого раствора, показал незначительное содержание (до 0,4 см<sup>3</sup>/л) углеводородов, в отдельных пробах, отобранных из нижних глубин, встречен водород (0,7—3,6 см<sup>3</sup>/л). Газы азотные.

Высокая сульфатность, а также наличие в водах азотных газов указывает на бесперспективность этих отложений в отношении нефтегазности в пределах Латвийской седловины.

Гидрогеологические условия пород кристаллического фундамента не изучены.

В гидрохимическом разрезе Латвийской ССР соленые воды и рассолы в количественном отношении занимают примерно равное положение. В некоторых случаях соотношение объемов пресных вод, соленых и рассолов близко к 1 : 1 : 1, но чаще 1 : 1 : 2.

Геологические запасы рассолов Латвии составляют примерно 5600 млрд. т. Из них на долю чистых солей приходится 56 млрд. т (табл. 12).

Таблица 12

Запасы рассолов Латвии

Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Мощность водонос- ящих пород, м	Порис- тость, %	Объем, км <sup>3</sup>		Плотность воды	Минерали- зация, г/л	Вес, млрд. т	
			водоносных пород	воды			рассолов	солей
60	50	20	3000	600	1,07	100	5600	56

На территории Латвии можно выделить область рассолов с промышленным содержанием брома и ряда других компонентов, которая будет отвечать условиям рентабельной эксплуатации.

Согласно существующим кондициям (Г. А. Васильев, А. И. Дзенс-Литовский) при раздельном извлечении компонентов промышленными являются воды, содержащие более 18 мг/л йода и 250 мг/л брома. Кроме того, к промышленным условно могут быть отнесены воды, содержащие более 200 мг/л бора (В<sub>2</sub>О<sub>3</sub>), 10 мг/л лития, 360—1000 мг/л калия и 1000—5000 мг/л магния, а также обогащенные рубидием, цезием, стронцием, скандием, радием и другими металлами.

К числу условий, способствующих рентабельной эксплуатации, по Н. А. Плотникову, относятся также глубина залегания (не более 1000—2000 м) и достаточно большие дебиты скважин (не менее 2,3—5,8 л/сек).

Все эти условия соответствуют районам Латвийской ССР, расположенным западнее г. Бауска. В этих районах попутно с бромом из рассолов можно извлекать магний, содержание которого также отвечает требованиям кондиций (1400—4500 мг/л).

В восточной части Латвии рассолы богаты калием и магнием (К до 800 мг/л, Mg до 1800 мг/л). Глубина залегания их не превышает 1100 м. В отдельных районах они находятся значительно ближе от поверхности земли. Так, у г. Даугавпилса рассолы были вскрыты на глубине 500—550 м. На территории Латвии они повсеместно могут быть использованы в качестве сырья для получения соды и поваренной соли а также лечебных бромных вод.

### *Глава III*

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

### ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

В распределении подземных вод на территории Латвийской ССР намечается ряд гидродинамических и гидрохимических закономерностей в вертикальном разрезе. Вертикальная гидрохимическая зональность, по Н. И. Толстихину (1959) предстает в своей классической форме. Сверху залегает зона пресных вод «А», глубже прослеживается зона солоноватых вод «Б», ниже следуют хлоридные соленые воды и рассолы зоны «В».

В работах многих авторов, изучавших Русскую платформу, справедливо отмечалась известная зависимость распределения гидрохимических зон от условий циркуляции подземных вод и их водообмена с поверхностью. Так, в первом приближении для первой гидродинамической зоны интенсивного водообмена характерны пресные и солоноватые воды, для зоны затрудненного водообмена с поверхностью — солоноватые и соленые воды, а для зоны весьма затрудненного водообмена — рассолы.

Однако наличие тектонических трещин, гидрогеологических окон, регионально выдержанных в разрезе водоупорных толщ и других природных факторов во многих случаях ограничивает применение этой зависимости и обрекает на неудачу любые гидродинамические построения, основанные лишь на величине минерализации и глубины. Искусственное отождествление гидрохимических и гидродинамических зон, особенно верхнего этажа, является неверным и весьма условным.

Примером несоответствия гидрохимических зон гидродинамическим может служить территория Латвийской ССР. Так, нижняя граница зоны интенсивного водообмена проводится примерно по отметке уровня Балтийского моря, являющегося базисом стока для первой гидродинамической зоны. Однако нижняя граница зоны пресных вод располагается значительно ниже (абс. отм. от —100 до —500 м) и, следовательно, охватывает зоны свободного и затрудненного водообмена.

На территории Латвийской ССР зона пресных вод включает водоносные горизонты и комплексы верхней перми, нижнего карбона, верхнего и частично среднего девона.

На северо-востоке и юго-востоке, в районе г. Даугавпилса, зона пресных вод охватывает более древние водоносные горизонты среднего девона (пярнуский). Мощность отложений, содержащих пресные воды, колеблется от 200—500 м в Латвийском артезианском бассейне до 250—600 м в Польско-Литовском. Водоносные горизонты представлены трещиноватыми и кавернозными известняками, доломитами и слабосцементированными песчаниками с отличными фильтрационными свойствами. Коэффициенты фильтрации в среднем варьируют от 3 до 20 м/сутки.

Наличие водоупорных горизонтов и прослоев внутри зоны пресных вод в пределах Латвийского артезианского бассейна не создает препятствия для водообмена на всю терригенно-карбонатную толщу.

Иная картина наблюдается в северной части Польско-Литовского артезианского бассейна, где отмечена 60—80-метровая относительно водоупорная толща амулско-саргаевского комплекса. Данный водоупор, разделяя зону на две части, создает препятствия для гидравлической связи водоносных горизонтов верхней и нижней частей.

Развитие мощной зоны пресных вод в пределах гидродинамических зон интенсивного и затрудненного водообмена с поверхностью находит объяснение при анализе ряда природных факторов. Одним из важнейших факторов, обусловивших развитие мощной зоны пресных вод, является палеогидрогеологический. Как Латвийская седловина, так и Балтийская синеклиза — древние структуры, верхняя часть которых хорошо промыта со времен их окончательного формирования. И лишь наличие регионального наровского водоупорного горизонта не позволило промыть, а следовательно, и распреснить нижележащие водоносные горизонты.

Хорошие фильтрационные свойства пород горизонтов создают благоприятные условия для активной циркуляции вод в зоне затрудненного водообмена, почти равнозначные существующим в верхней гидродинамической зоне. Литологический состав пород водоносных горизонтов и его водорастворимый комплекс не изменяют направления общего закономерного хода процесса преобразования солевого состава подземных вод с глубиной, но оказывают либо ускоряющее, либо замедляющее активное воздействие. Поэтому в загипсованных породах зоны сульфатный тип вод является более устойчивым и сохраняется при значительно большей глубине и минерализации, чем в породах, не содержащих гипсов (Лиепая).

Главными областями питания водоносных горизонтов верхней гидрохимической зоны являются крупные геоморфологические районы — возвышенности: Средне-Латвийская, Западно-Латвийская и Восточно-Латвийская, а также тектонически и геоморфологически выраженные своды Валмиерско-Локновского поднятия фундамента. К основной области стока относятся Балтийское море и Рижский залив. Местными областями стока являются долины Даугавы, Гауи и других рек, имеющие глубокие врезы в комплекс дочетвертичных пород. Современные и древние долины рек, заполненные рыхлыми четвертичными отложениями, дренируют воды горизонтов, заключенных в дочетвертичных и четвертичных породах, и разгружают их.

Воды верхней гидрохимической зоны имеют гидрокарбонатный состав, минерализация их 0,2—0,8 г/л, они содержат незначительное количество брома и следы йода, растворенные в них газы воздушного происхождения.

В зоне пресных вод наблюдаются гидрохимические аномалии (инверсии), обусловленные рядом причин. Например, тектоническими нарушениями, наличием в разрезе гипсов, дающих локальное увеличение минерализации по сравнению с непосредственно залегающими под ними толщами. Так, в Добельском и Валмиерском районах, а также Царникаве отмечаются смешанные воды повышенной минерализации хлоридно-гидрокарбонатного и хлоридно-сульфатного типов. Появление этих типов вод связывается с подтоком соленых вод из более глубоких горизонтов зоны «Б» по тектоническим разломам и нарушениям. Одной из причин гидрохимических аномалий (инверсий) являются искусственные факторы: засоление подземных вод в результате усиленного водоот-

бора пресных вод в районе городов Риги и Лиепая, загрязнение грунтовых вод сбросами хозяйственных сточных вод.

Подобные аномальные явления можно проиллюстрировать гидрохимическими разрезами некоторых городов республики:

Балдоне — до 10 м — пресные, гидрокарбонатные воды 0,3 г/л;  
10—30 м — солоноватые, сульфатные до 2,5 г/л; 30—300 м — пресные, смешанные 0,5—0,8 г/л.  
Скуодас (на границе Литовской и Латвийской ССР) до 280 м — пресные, гидрокарбонатные 0,3 г/л; 280—350 м — солоноватые, сульфатные до 3 г/л, спорадически распространенные; 350—600 м — пресные, смешанные до 1 г/л.  
Лиепая — от 0 до 44 м — пресные, гидрокарбонатные 0,4—0,5 г/л; 44—71 м — солоноватые, хлоридные до 2 г/л; 71—124 м — пресные, гидрокарбонатные 0,5—0,7 г/л; 124—207 м — солоноватые, сульфатные до 2 г/л, спорадически распространенные; 207—480 м — пресные, сульфатно-гидрокарбонатные 0,7—0,8 г/л.

Гидрохимическая зона солоноватых вод «Б» приурочена к водоносным горизонтам нижеживетского подъяруса, эйфельского яруса среднего девона и нижнего девона. Границы зоны в вертикальном разрезе хорошо отбиваются по наличию регионально выдержанных водоупорных толщ. Сверху — наровские водоупорные глины и мергели, снизу — силурийские. Мощность зоны солоноватых вод сравнительно выдержана и составляет 100—200 м. Водоносные горизонты представлены песчаниками, перемежающимися линзами и прослоями водоупорных глин и алевролитов. Коэффициенты фильтрации в общем не превышают 5 м/сутки, в среднем 1—3 м/сутки. Внутри зоны горизонты гидравлически связаны друг с другом и наблюдается полный водообмен на всю мощность терригенной толщи. Гидрохимическая зона солоноватых вод сопоставляется с гидродинамической зоной затрудненного водообмена. Нижнюю границу зоны можно уверенно вести по кровле силура, что в абсолютных отметках будет соответствовать 500—700 м. Основными областями питания водоносных горизонтов данной зоны можно считать склоны Белорусско-Литовского выступа фундамента, а также Ханьяской и Отепяской возвышенностей, расположенных на юго-востоке Эстонской ССР.

Трудно предположить наличие местных областей питания на территории Латвии из-за присутствия в кровле зоны мощной водоупорной толщи наровских глин и мергелей.

Разгрузка и сток вод данной зоны происходят не только в Балтийское море, но и в сторону Балтийской синеклизы. Непосредственный водообмен гидрохимической зоны солоноватых вод с вышележащей зоной затруднен, но, как уже отмечалось, он все же осуществляется в некоторых районах — Царникава, окрестности Риги — по тектоническим трещинам и нарушениям в наровских отложениях, а в Риге, возможно, благодаря вертикальной фильтрации через наровский водоупор в связи со значительной разницей в пьезометрах, создавшейся в результате усиленного водоотбора из верхней зоны пресных вод. Водообмен с нижней зоной соленых вод и рассолов исключается из-за наличия мощной толщи водоупорных пород силура.

Исключение составляет район Валмиерско-Локновского поднятия фундамента. Бурением и опробованием горизонтов из скважин, расположенных в западной части структуры, установлен факт разгрузки кембрийских вод в вышележащие горизонты. Подток и разбавление кембрийских соленых вод хорошо прослеживается по химическому составу проб, полученных в г. Валмиере из пярнуского горизонта. В составе вод почти отсутствует сульфат-ион, а процент хлор-иона достигает

98 экв. %, что не характерно для вод данной гидрохимической зоны. Соленые воды кембрия, разбавляясь, сохраняют признаки глубинных хлор-натриевых вод.

Для горизонтов данной гидрохимической зоны весьма характерна и хорошо прослеживается пластовая гидрохимическая зональность, выражающаяся в увеличении минерализации от обрамлений бассейнов к центру. Наглядной иллюстрацией этого может служить профиль от границы с Эстонской или Белорусской ССР к центру Латвийского артезианского бассейна. В данном случае пярнуский водоносный горизонт там, где он не перекрыт водонепроницаемыми отложениями, содержит пресные воды, а под наровскими отложениями минерализация скачкообразно возрастает до 1,5—2 г/л и по направлению к центру бассейна постепенно увеличивается до 7—12 г/л.

Воды второй гидрохимической зоны хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые, содержание брома до 50 мг/л и йода до сотых долей миллиграмма на литр, что позволяет использовать их в бальнеологических целях почти на всей территории Латвийской ССР. Они применяются для лечебных целей на курортах и в санаториях Кемери, Дзинтари, Личи.

По мере увеличения минерализации в водах возрастает содержание кальция (до 36 экв. %) и брома, т. е. растет метаморфизованность вод.

Третья гидрохимическая зона «В», соответствующая зоне соленых вод и рассолов, охватывает водоносные горизонты и комплексы нижнего палеозоя, а также выветрелой поверхности фундамента.

Водоносность силурийских отложений на территории Латвийской ССР по имеющемуся фактическому материалу исключается. В основном это — мощная, регионально выдержанная водоупорная толща и если есть немногочисленные водоносные линзы и прослои, то они распространены спорадически и неоднородно.

Водоносные горизонты ордовика также весьма немногочисленны, небольшой мощности и приурочены главным образом к нижнему ордовика. Нижняя граница зоны «В» совпадает с глубиной залегания фундамента, т. е. проходит на глубине 900—1000 м в Латвийской седловине и на глубине 1200—1700 м в латвийской части Балтийской синеклизы. В зависимости от глубины залегания фундамента мощность зоны колеблется от 50 до 200 м.

Водоносные горизонты зоны представлены плотными, редко трещиноватыми известняками и крепкосцементированными песчаниками. Зона соленых вод и рассолов в целом характеризуется весьма затрудненным водообменом.

В Латвии наиболее приближенной основной областью питания служат склоны Белорусско-Литовского выступа фундамента. Более отдаленной, но действующей на протяжении всей геологической истории на Русской платформе является северо-западная зона опреснения, расположенная в пределах Балтийского щита. Судя по пьезометрическим картам, эта зона уже не играет существенной роли в питании подземных вод республики, однако ее большое влияние на протяжении геологической истории хорошо фиксируется в виде пониженной метаморфизации подземных вод нижнего палеозоя.

Дополнительными областями питания на изучаемой территории является свод Валмиерско-Локновского поднятия фундамента. Пьезометрическая поверхность вод нижнего палеозоя имеет довольно сложное строение. Однако наличие наиболее высоких ее абсолютных отметок на территории Белоруссии, а наиболее низких вдоль побережья Балтийского моря свидетельствует о том, что общий наклон ее и, следовательно, направление стока фиксируется с юго-востока на запад и северо-запад. Таким образом, основной областью стока и разгрузки подземных вод

нижней гидрохимической зоны являются впадины Балтийского моря и Балтийской синеклизы, возможно, имеется сток и в сторону впадины Московского артезианского бассейна.

К местным областям стока и разгрузки могут быть отнесены зоны тектонических нарушений южного склона Балтийского щита, Валмиерско-Локновского поднятия фундамента, а также глубокие трещины и нарушения, зафиксированные электроразведкой. Можно предположить, что зоны тектонических разломов, установленные геофизическими работами по линии Лиепая-Елгава, осложняют общую картину движения подземных вод нижнего палеозоя, создавая местную зону разгрузки. Местная разгрузка, связанная с тектоническими нарушениями, вероятно, имеет внутренний характер, т. е. не доходит до поверхности.

Рассматривая области питания и разгрузки, можно сделать вывод, что не всегда они строго разграничиваются. В одних и тех же структурах могут иметься участки питания и разгрузки. Так, в пределах Валмиерско-Локновского поднятия фундамента наблюдается не только разгрузка кембрийских вод, но и их питание. Поднятие создает благоприятные условия для восходящего движения подземных вод кембрия и разгрузки их в вышележащие горизонты. Валмиерско-Локновское поднятие фундамента благодаря размытости свода служит своеобразным экраном по пути движения кембрийских вод, разбавляя их пресными водами девона и в то же время осолоняя вышележащие горизонты, направление движения вод которых прямо противоположно кембрийским. В результате образуется шлейф опресненных кембрийских вод к северу от выступа и осолоненных вод девона к югу от него.

Для данной зоны характерны хлоридно-кальциевые воды, величина минерализации которых растет с глубиной погружения горизонтов и колеблется в пределах 30—130 г/л. В вертикальном разрезе зоны минерализация увеличивается не постепенно, а скачкообразно, что обусловлено разобщением водоносных горизонтов регионально выдержанными водупорами или слабоводопроницаемыми породами, ниже которых создаются условия для большей закрытости недр. Например, минерализация вод в нижнем ордовике составляет 56 г/л, а в кембрии она возрастает до 100 г/л (скв. Инчукалнс).

В районах неглубокого залегания, а также в условиях, более благоприятных для водообмена, градиент минерализации снижается. Например, минерализация кембрийских вод в скважине пос. Стренчи, расположенной на Валмиерско-Локновском поднятии фундамента, составляет всего 35 г/л.

Анализ результатов опробования нескольких интервалов кембрийского горизонта в скважинах изучаемого района показывает интересную зависимость величины минерализации от степени проницаемости коллекторов. Слабопроницаемые водоносные прослои отличаются повышенной минерализацией, хотя в вертикальном разрезе находятся выше участков с более низкой минерализацией. Иллюстрацией подобных явлений могут служить опробования скважин в Адзе, Бауске, Плявиняс.

Хлор-кальциевые воды нижней зоны характеризуются резким преобладанием хлоридов над щелочами и кальция над магнием. Они обладают значительной сульфатностью и содержат сравнительно небольшие количества брома и йода. Растворенные в этих водах газы имеют азотный состав.

Среди вод данной зоны наибольший интерес представляют рассолы отложений валдайского комплекса и кембрия. Благодаря значительной водообильности и сравнительно небольшой глубине залегания они могут быть использованы как промышленные воды для получения поваренной



соли, соды, металлического калия, магния, а также в отдельных местах брома.

Характерной особенностью рассолов является наличие регионального фона азотных, азотно-углекислых и углекисло-азотных растворенных газов, указывающего, что процесс окисления рассеянных в коллекторах углеводородов уже закончился и залежи нефти могли сохраниться только в хорошо закрытых структурах. Справедливость этого положения подтвердилась опробованием ряда скважин, вскрывших кембрийские воды. Скважины, заданные на ряде структур (Адзе, Блидене), вскрыли воды значительной минерализации с высоким содержанием брома (до 500 мг/л). Воды отличались высокой метаморфизацией (коэффициент  $\frac{Na}{Cl} = 0,67$ ), незначительным количеством сульфатов и гидрокарбонатов по сравнению с рассолами, вскрытыми в других местах.

Благоприятные гидрогеологические характеристики и вскрытая нефть в кембрии (скв. Адзе) еще раз подтвердили безусловную перспективность нефтегазоносности Балтийской синеклизы.

## РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Режим подземных вод на территории Латвийской ССР изучен еще не достаточно. Планомерные систематические наблюдения производятся лишь в течение последних шести лет на отдельных небольших участках.

Первые наблюдения за режимом уровня грунтовых вод проводились в 1882—1883 гг. в Риге с целью получения данных для составления проекта канализации центрального района города. По результатам наблюдений в 176 точках А. Агте была составлена и в 1885 г. опубликована карта гидроизогипс грунтовых вод.

После длительного перерыва наблюдения за колебаниями уровня грунтовых вод на территории Риги проводились с 1930 по 1955 г. Трестом газа, водопровода и канализации. Температура и химический состав вод не изучались.

Наблюдательными точками служили 1147 скважин и шахтных колодцев, частично используемых местным населением. Наблюдения не проводились одновременно во всех точках — ими периодически охватывалась то одна, то другая группа колодцев. По результатам этих режимных наблюдений Латвийской гидрогеологической станцией составлен ряд карт. Однако отсутствие одновременных замеров по всей территории города, частые перерывы при ведении режимных наблюдений и использование эксплуатационных колодцев снижает ценность полученных материалов и ограничивает, а иногда исключает возможность их применения.

С 1937 г. ведутся нерегулярные режимные наблюдения за колебанием уровня и дебита подземных вод четвертичных и дочетвертичных отложений в районе курорта Балдоне [Ducmanis, Vitiņš, Cukermanis, 1940]. С 1940 г. с перерывами проводится изучение режима подземных вод в районе курорта Кемери (Дуцманис, Витыньш, Михайловский, Якобсон и др.).

В течение ряда лет режимные наблюдения ведутся работниками первой и второй насосных станций в районе централизованного водозабора г. Риги (озера Большой и Малый Балтэзерс, Закюмуйжа), Прибалтийской стоковой станцией в Цесисском районе (населенный пункт Зосени), комплексной изыскательской партией МОСГИДЭПа в районе строительства Плявиньской ГЭС. Велись наблюдения и в скважинах централизованного водозабора г. Елгавы.



Систематическое изучение подземных вод началось в 1959 г. с момента создания Латвийской гидрогеологической станции Управления геологии и охраны недр при Совете Министров Латвийской ССР. Станцией при работе за основу были приняты методические указания ВСЕГИНГЕО с учетом природных условий республики. Эти работы проводятся по следующим направлениям:

- 1) региональное изучение режима подземных вод для решения вопросов водоснабжения, установления основных коррелятивных связей между режимом и основными режимообразующими факторами, оценки условий формирования подземных вод и прогнозирования режима;

- 2) изучение режима подземных вод в связи с их интенсивной эксплуатацией водозаборами;

- 3) изучение режима подземных вод и их баланса с целью обоснования мероприятий по мелиорации заболоченных земель;

- 4) изучение режима минеральных вод с целью уточнения условий их формирования, изменения качества во времени при эксплуатации и решения вопроса о возможности расширения водоотбора;

- 5) изучение режима подземных вод в районах крупных городов в связи с проектированием, строительством и эксплуатацией инженерных сооружений;

- 6) охрана подземных вод от истощения и загрязнения.

В начале своей деятельности гидрогеологическая станция проводила режимные наблюдения за грунтовыми, минеральными и пресными подземными водами только на территории городов Риги, Юрмалы (Рижское взморье, Кемери), а также курорта Балдоне.

В настоящее время сеть режимных наблюдений значительно расширена за счет включения районов централизованного водоснабжения (озера Большой и Малый Балтэзерс, Ремберги, реки Криевупе и Тумшупе) Даугавпилса, Лиепай, а также населенного пункта Мурьяни и Центрально-Видземской возвышенности (см. схему расположения наблюдательных точек, рис. 16). При этом общее количество наблюдательных точек возросло до 240. Однако охват территории республики режимными наблюдениями, как видно из схемы, еще далеко не достаточен. Станцией разработан план размещения опорной наблюдательной сети на основе районирования территории по условиям формирования режима подземных вод с учетом гидрогеологического районирования (районы третьего порядка).

Составлены также карты районирования грунтовых вод по их режиму на отдельных участках, на которых определены гидрогеологические параметры; разрабатывается методика прогноза снижения уровня напорных вод в результате их интенсивной эксплуатации (Венскис, Толстов).

### РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД

Наиболее полные режимные наблюдения за грунтовыми водами проводились на территории г. Риги. Грунтовые воды приурочены здесь в основном к песчаным отложениям Балтийского ледникового озера (IQ<sub>1vbg1</sub>). В пределах города грунтовые воды в качестве источника водоснабжения используются весьма незначительно. Интенсивная эксплуатация напорных вод нижележащего горизонта до настоящего времени также не сказывается на режиме грунтовых вод. Поэтому на территории Риги режим грунтовых вод в целом подвержен влиянию естественных факторов.

Данные режимных наблюдений за пять лет (1959—1963 гг.) свидетельствуют о ярко выраженной зависимости режима грунтовых вод от

климатических условий, подтверждением чего служит близкое совпадение среднегодового количества осадков с многолетним ходом уровня (рис. 17, скв. 1). На участках, прилегающих к рекам и озерам, режим грунтовых вод находится под влиянием гидрологических факторов, так как ход уровня грунтовых вод соответствует данным многолетних наблюдений за уровнем р. Даугавы (см. рис. 17, скв. 59). Однако следует отметить, что полный анализ материалов в многолетнем разрезе еще не произведен. При выполнении этой задачи следует воспользоваться методом, предложенным Н. В. Роговской (1964) для Туркменской гидрогеологической станции, представляющим определенный интерес и для территории республики, находящейся в зоне избыточного увлажнения.

Анализ материала по внутригодовому режиму грунтовых вод с учетом режимообразующих факторов позволил выявить основные его особенности.

Внутригодовой режим грунтовых вод в преобладающем большинстве случаев связан с атмосферными осадками и температурой воздуха и имеет активную связь с поверхностью. В ходе уровня прослеживаются весенний и осенний подъемы, следующие за максимальными спадами, причем весенний выражен четче (рис. 18, скв. 1). На плохо дренируемых участках колебания уровня более резкие, скачкообразные. Характер колебания уровня зависит также от мощности зоны аэрации. Так, при мощности зоны аэрации 0—0,5 м колебания уровня имеют небольшую амплитуду. С увеличением мощности зоны аэрации ход уровня приобретает более сглаженный, плавный характер, причем при мощности зоны аэрации 2 м амплитуды колебаний достигают наибольших величин (0,9 м, по данным 1962 г.), а при дальнейшем увеличении мощности зоны аэрации амплитуды колебаний уменьшаются (0,5 м и менее) и связь с поверхностью ослабевает. Следует отметить, что в глинистых породах, особенно в дренируемых районах, амплитуда колебаний всегда больше, чем в песчаных. Так, по данным Прибалтийской стоковой станции, расположенной в пределах Центрально-Видземской возвышенности, близ населенного пункта Зосени, амплитуда колебания уровня вод, заключенных в моренных отложениях последнего оледенения, достигает 4 м.

Менее распространен вид режима грунтовых вод, обусловленный в первую очередь колебаниями уровня поверхностных водоемов и водотоков. На ход уровня грунтовых вод на территории Риги влияют стогнонагонные процессы в приустьевой части Даугавы и Лиелупе, а также в протоке Бульупе, в озерах Кишэзерс и Югла, соединенных с р. Даугавой. Стогно-нагонные процессы в Рижском заливе воздействуют на режим грунтовых вод прибрежной полосы г. Юрмалы. На режим влияет и подъем уровня рек во время паводка, в меньшей степени — атмосферные осадки. Колебания уровня достигают 1,2 м (см. рис. 18, скв. 59).

В отдельных случаях на ограниченных участках с выраженными в рельефе крутыми склонами (Рига) наблюдается относительно устойчивый ход уровня грунтовых вод. Амплитуды колебаний 0,2 м. Связь с поверхностью практически отсутствует. Глубина уровня достигает 7 м, однако на равнинных участках при таких же условиях амплитуда колебаний уровня будет больше.

На отдельных участках Риги режим грунтовых вод нарушен воздействием искусственных факторов. Так, на участке канавы Хапакагравис, расположенном на северо-западной окраине города, проводятся работы по перекачке воды из верхней перекрытой части канавы в нижнюю (примерно 21 тыс. м<sup>3</sup>/сутки). Уровень в перекрытой части канавы поддерживается на абс. отм. — 2 м, т. е. понижен более чем на 2 м. Указанные работы вызвали снижение уровня грунтовых вод на площади около

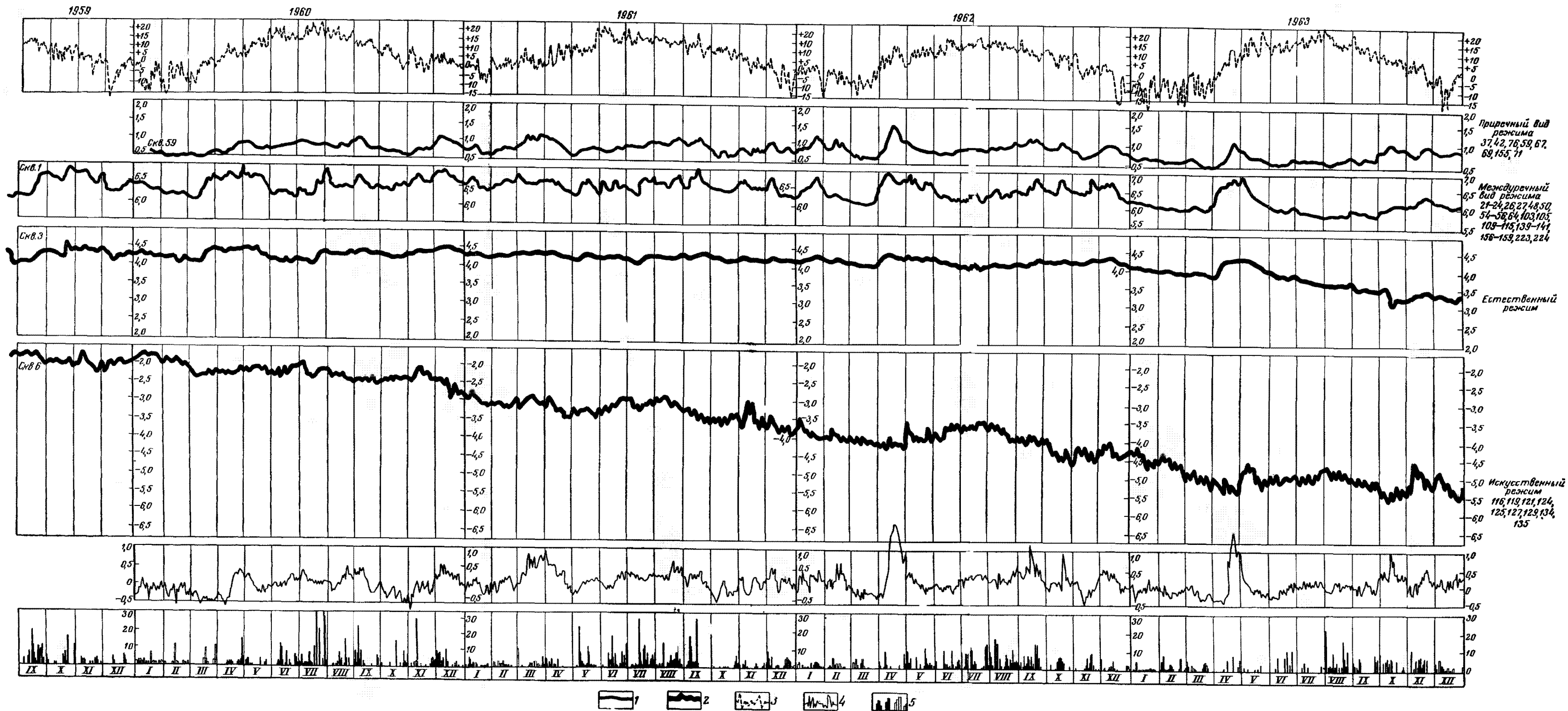


Рис. 17. Многолетние изменения уровня и режимобразующих факторов (данные за 1960—1963 гг.) в скв. 1, 3, 6, 59.  
Масштаб горизонтальный: 1 мм — 4 дня; вертикальный: 1 — уровень грунтовых вод в абс. отн. 1 мм — 0,1 м; 2 — уровень напорных вод в абс. отн. 1 мм — 0,1 м; 3 — температура воздуха 1 мм — 2° С; 4 — уровень воды Даугавы в абс. отн. 1 мм — 0,1 м; 5 — осадки 1 мм — 2 мм

10 км<sup>2</sup> (польдер). В скважине, расположенной в 50 м от канавы, среднегодовой уровень снизился в 1962 г. по сравнению с предыдущим годом ненарушенного режима на 0,47 м. На режим уровня повлияло углубление р. Лачупите. Среднегодовой уровень в расположенной здесь наблюдательной скважине понизился в 1962 г. по сравнению с предыдущим

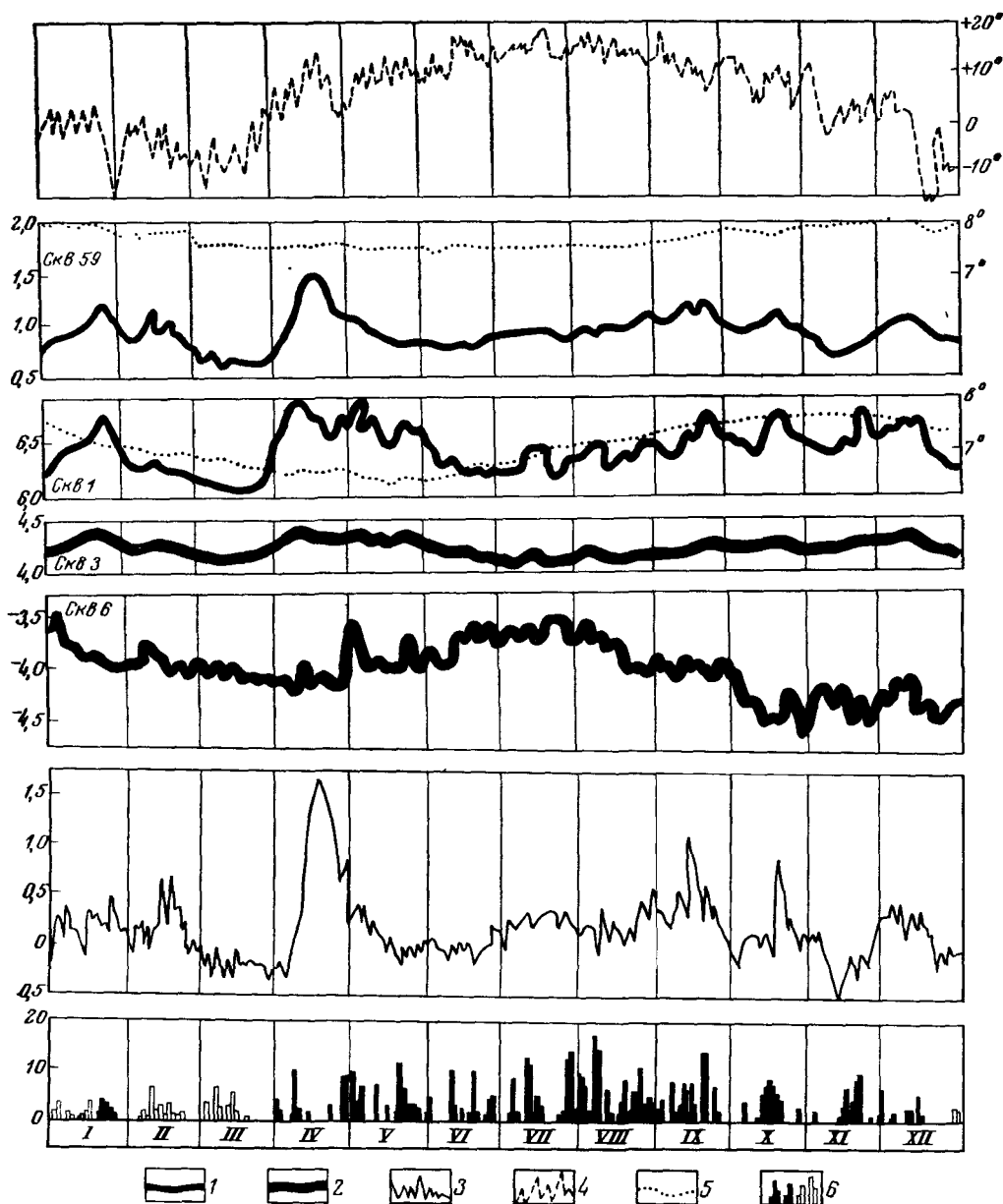


Рис 18. Изменения уровня, температуры грунтовых вод и режимобразующих факторов (данные за 1962 г) в скв. 1, 3, 6, 59 Абс отн их соответственно 7,58; 7,50, 7,63 и 3,37 м Адрес скв 59 — г Рига, ул Баускас, № 123, скв 1, 3, 6 — г Рига, ул. Слокас, № 122.

Масштаб горизонтальный 1 мм — 3 дня, вертикальный 1 — уровень грунтовых вод в абс отн 1 мм — 0,07 м, 2 — уровень напорных вод в абс отн 1 мм — 0,07 м, 3 — уровень воды Даугавы в абс отн 1 мм — 0,07 м, 4 — температура воздуха 1 мм — 1,3° С, 5 — температура грунтовых вод 1 мм — 0,13° С, 6 — осадки 1 мм — 13 мм

годом на 0,36 м. В г. Лиепая установлено перетекание грунтовых вод в нижележащий эксплуатационный горизонт дочетвертичных отложений.

Выявление особенностей уровня режима грунтовых вод позволило произвести районирование территории Риги по видам и разновидностям естественного режима (рис. 19) по классификационной схеме В. С. Ковалевского, разработанной на основе гидродинамического принципа (1959, 1963, 1964).

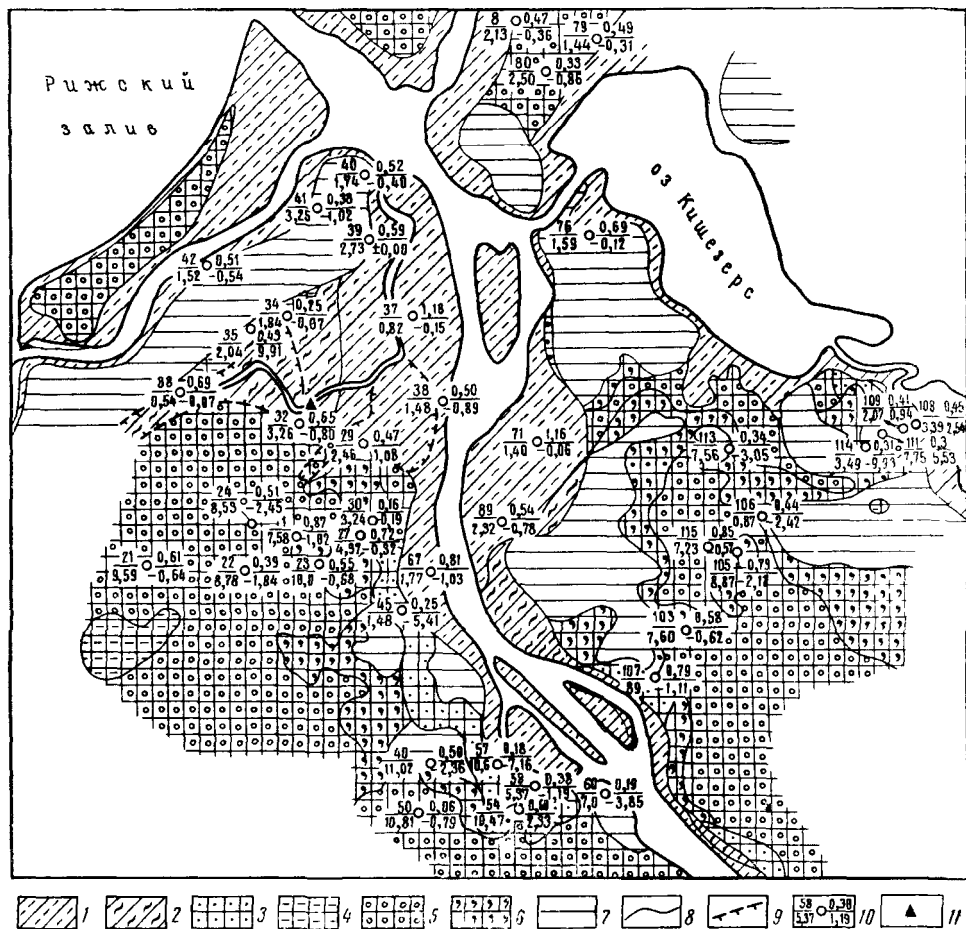


Рис. 19. Районирование г. Риги по режимобразующим факторам (данные гидрогеологической станции за 1962 г.).

Приречный вид режима: 1 — пойменная разновидность; 2 — подпорная разновидность; 3 — склоновый вид режима, междуречный вид режима; 4 — разновидность с мощностью зоны аэрации 0–0,5 м, 5 — то же 1–2 м; 6 — то же 2–3 м, 7 — то же >3 м, 8 — граница между участками с различными видами и разновидностями режима; 9 — границы районов с искусственным режимом, 10 — наблюдательные точки, цифры слева: в числителе — номер точки, в знаменателе — абсолютная отметка в м; справа: в числителе — амплитуда колебаний уровня, в знаменателе — глубина максимального уровня от поверхности земли; 11 — насосная станция

Режим грунтовых вод, находящийся под влиянием климатических факторов, относится к междуречному виду. В зависимости от мощности зоны аэрации выделяются участки по разновидностям режима. Грунтовые воды, находящиеся под влиянием гидрологического режима поверхностных вод, относятся к приречному, приозерному и приморскому видам режима с пойменной и подпорной разновидностями в зависимости

от затопляемости территории. Наконец, зарегулированный, относительно устойчивый режим грунтовых вод относится к склоновому виду.

Средняя температура грунтовых вод  $7-8^{\circ}\text{C}$ , амплитуда колебаний  $2-4^{\circ}\text{C}$ ; с увеличением мощности зоны аэрации (более  $2-3\text{ м}$ ) наблюдается повышение температуры и уменьшение величины годовой амплитуды колебаний (примерно до  $1-2^{\circ}\text{C}$ ). Температурный режим грунтовых вод мало зависит от влияния режимобразующих факторов; воды, связанные с гидрологическим режимом, в ряде случаев имеют более низкую температуру и большую амплитуду колебаний (свыше  $4^{\circ}\text{C}$ ).

Географическое положение Риги (вблизи морского бассейна) обуславливает изменчивость химического состава грунтовых вод. На водо-

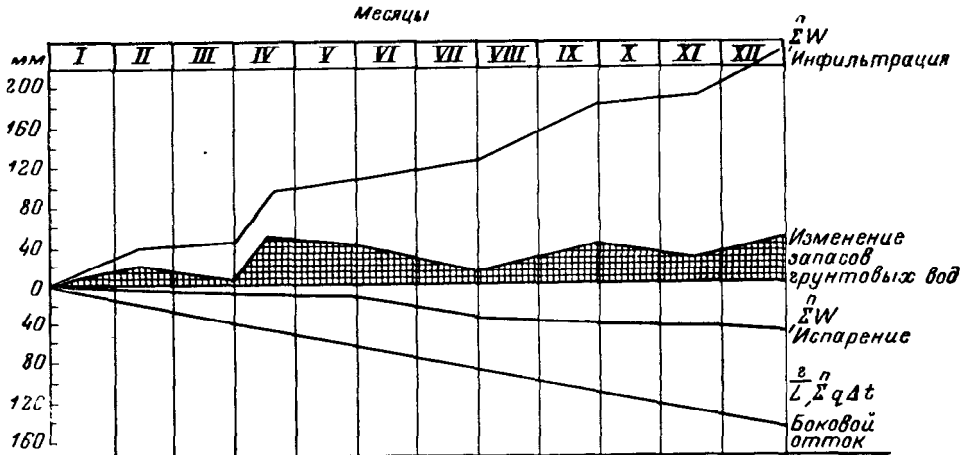


Рис 20 Изменение элементов баланса грунтовых вод по створу в Яундубулты за 1962 г (штриховкой показано изменение запасов)

раздельных участках преобладают гидрокарбонатно-кальциево-магнєвые воды с минерализацией  $0,1-0,3\text{ г/л}$ . Во время выпадения осадков минерализация иногда несколько снижается. На пониженных участках минерализация в отдельных случаях возрастает за счет подтока напорных вод. Например, у протока Маза Даугава имеет место смешение грунтовых вод с сульфатными водами нижезалегающего саргаевского горизонта, вследствие чего они приобретают сульфатно-кальциевый состав и минерализацию порядка  $1\text{ г/л}$ . На пойменных участках в результате поступления морских вод во время периодически повторяющихся нагонных процессов отмечается повышенная минерализация (до  $1\text{ г/л}$  и более) за счет увеличения содержания в грунтовой воде хлор- и натрий-ионов. Повышенная минерализация наблюдается также вследствие загрязнения грунтовых вод с поверхности. Изменения химического состава грунтовых вод во времени, по имеющимся данным, незначительные. Годовые колебания минерализации в большинстве случаев  $0,1\text{ г/л}$  и лишь иногда достигают  $0,3\text{ г/л}$  и более. Грунтовые воды на отдельных участках города имеют углекислую и выщелачивающую (Болдерай) и в одном случае сульфатную агрессивность. Изменения величины агрессивности во времени незначительные.

В качестве характеристики баланса грунтовых вод можно привести результаты расчета элементов баланса, произведенного по данным двух скважин за 1962 г. в районе ст. Яундубулты г. Юрмалы по методу А. П. Киселева (1961 г.). Одна из скважин расположена на водоразделе, а другая — ниже по потоку. Мощность зоны аэрации на данном участке около  $1,5\text{ м}$ . Для расчета коэффициента водоотдачи использо-



ваны режимные данные за зимний период, величина его для мелкозернистых песков оказалась равной 0,095. Предварительный подсчет баланса показал, что при годовом количестве осадков 628 мм инфильтрация составила 231 мм (37% от количества осадков), испарение с поверхности грунтовых вод 49 мм (8%), боковой отток 143 мм (23%). В течение года произошел прирост запасов грунтовых вод на 39 мм, благодаря сравнительно прохладному лету и большому количеству осадков (рис. 20).

Как уже отмечалось, наиболее богатый материал по наблюдениям за уровнем грунтовых вод имеется для территории Риги, однако выявить какие-либо существенные изменения естественного режима (кроме района Спилве), вызванные влиянием искусственных факторов, пока не удалось.

### РЕЖИМ НАПОРНЫХ ВОД

Интенсивная эксплуатация подземных напорных вод и развитие депрессионных воронок на территории городов Риги и Лиепая вызвала острую необходимость в изучении их режима.

На территории Риги эксплуатируется швентойско-тартуский водоносный комплекс до глубины около 200 м. Представлен комплекс слабо- и среднесцементированными песчаниками с прослоями и линзами глин и алевролитов, перекрывающимися карбонатно-глинисто-мергелистой толщей бурегско-саргаевского водоносного комплекса и песчано-глинистыми четвертичными отложениями. Начало эксплуатации водоносного комплекса относится к середине прошлого столетия. В послевоенные годы (1947—1962) в связи с ростом промышленности значительно увеличивалось количество эксплуатационных скважин, достигших 243 с водоотбором 84 тыс. м<sup>3</sup>/сутки (970 л/сек без учета централизованного водозабора, расположенного за пределами города). Систематические режимные наблюдения станцией начаты в 1960 г. по двум артезианским скважинам и кусту наблюдательных скважин. В последующие годы количество наблюдательных скважин достигло 25. Построенная по данным режимных наблюдений и замеров статических уровней в эксплуатационных скважинах карта пьезометрической поверхности швентойско-тартуского водоносного комплекса (рис. 21) позволила уточнить размеры депрессионной воронки города. Протяженность большой оси воронки примерно 25 км, малой — около 15 км, площадь воронки около 400 км<sup>2</sup>. Воронка имеет несколько углублений, абсолютные отметки которых ниже — 11 м. Падение напора в центральной части воронки в последние годы 1—2 м в год (см. рис. 17, скв. 6).

Напорные воды комплекса имеют отчетливо выраженный нарушенный эксплуатацией режим. С понедельника до субботы наблюдается снижение уровня, а с субботы до понедельника восстановление. Прослеживаются и суточные колебания. Во время майских и октябрьских праздников подъем уровня достигает 3,5 м. Это свидетельствует об использовании водоносного комплекса в основном для промышленного водоснабжения. Уровни эксплуатационного водоносного комплекса залегают значительно ниже (на 5—10 м), чем уровни вышележащего бурегско-саргаевского комплекса и грунтовых вод, находящихся в условиях естественного режима (см. рис. 18, скв. 3, 6). Это свидетельствует о наличии между ними достаточно надежного водоупора.

На территории г. Лиепая основным источником водоснабжения являются напорные воды, приуроченные к верхней части данковского горизоннта (капседско-жагарские слои), представленного доломитами. В результате эксплуатации здесь также образовалась депрессионная воронка, глубина которой в 1961 г. достигла самой низкой абс. отм. —

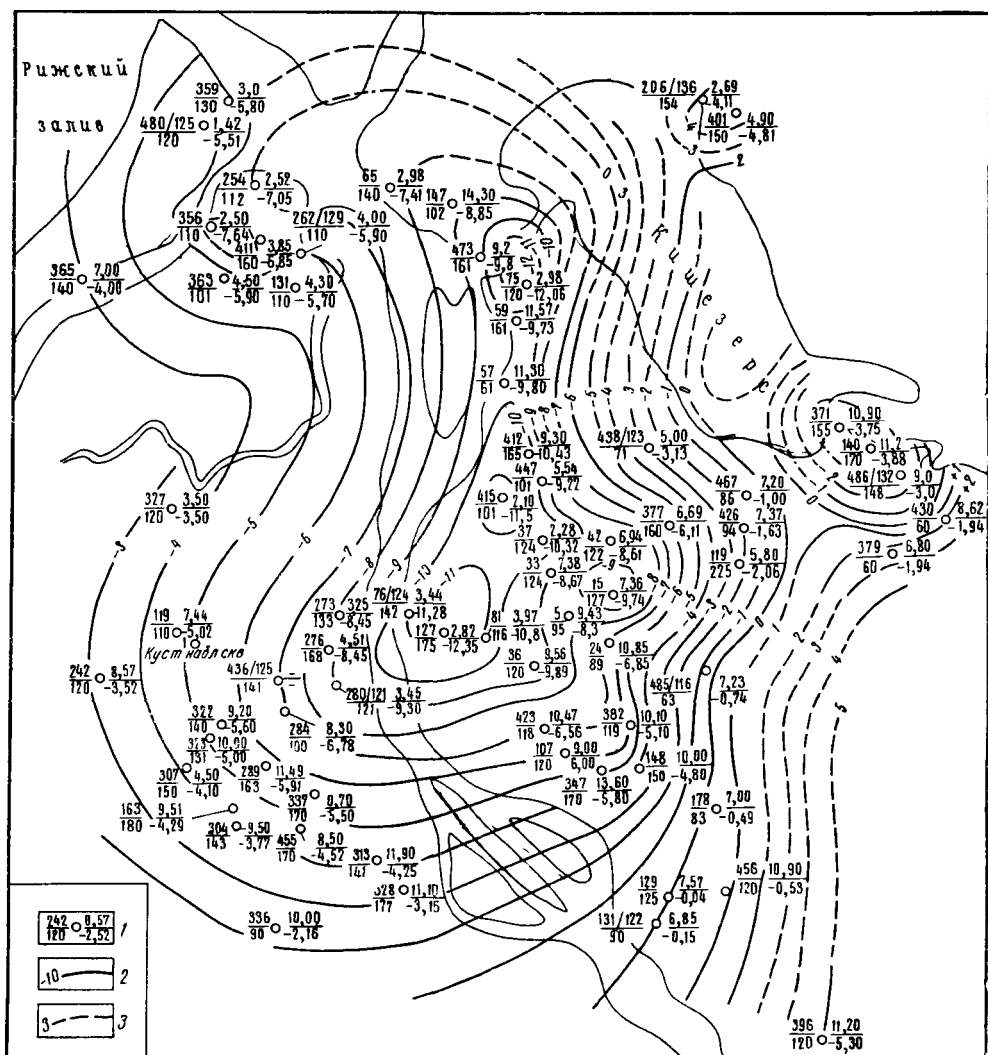


Рис. 21. Схематическая карта сработки уровней вод швентойско-тартуского комплекса в условиях искусственного режима (данные за 1962 г.).

1 — наблюдательные скважины, цифры слева в числителе — номер скважины, в знаменателе — глубина в м, справа в числителе — абс. отм. устья скважины в м (+), в знаменателе — абс. отм. пьезометрического уровня воды в м 2 — гидроизопьезы, 3 — предполагаемые гидроизопьезы. Сечение гидроизопьеза через 1 м.

7,4 м. Развитие депрессионной воронки вызвало приток в эксплуатационный водоносный горизонт солоноватых морских вод, что создало крайне тяжелые условия для снабжения города пресной питьевой водой. Ограничение водоотбора приостановило развитие воронки, и по имеющимся данным в течение 1962 г. уровень воды в центре депрессии повысился на 0,5 м. Особенностью режима напорных вод г. Лиепая является воздействие на него не только эксплуатации, но и колебаний уровня моря. Вследствие наличия гидравлической связи подземных вод данковского горизонта с выше- и нижезалегающими (нижнекаменноугольный и лебедянско-елецкий) ход уровня их имеет сходство. Разница лишь в том, что амплитуда колебаний уровня вод эксплуатируемого комплекса достигает 2 м, а других комплексов не превышает 1,4 м.

В районах, где напорные воды не эксплуатируются или использование их ничтожно, естественный режим этих вод с увеличением глубины залегания приобретает все более стабильный характер. Так, по данным режимных наблюдений в скважинах, расположенных в районе Кемери, годовая амплитуда колебаний уровня вод верхней части саргаевского горизонта составляет 0,34 м, нижней части — 0,24 м, а нижележащего швентойского горизонта — 0,2 м. На колебания уровня подземных вод воздействует также атмосферное давление, изменение которого примерно на 6 мм вызывает изменение уровня на 1 см (Кемери). По сравнению с грунтовыми водами ход уровня напорных вод имеет более сглаженный характер, что свидетельствует о различных условиях формирования.

### РЕЖИМ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Из минеральных вод на территории республики наибольшее значение имеют сероводородные, режим которых изучается в районах Кемери и Балдоне. Сероводородные воды приурочены к загипсованной (верхней) части саргаевского горизонта.

В районе курорта Кемери подземные воды, приуроченные к отложениям четвертичного возраста и нижележащего саргаевского горизонта, гидравлически связаны друг с другом. При этом грунтовые воды четвертичных отложений тесно связаны с поверхностью, и амплитуды колебаний их уровня достигают 1 м, а воды саргаевского горизонта при наличии ослабленной связи имеют амплитуду колебаний около 0,5 м.

Режим уровня подземных вод не имеет отчетливого характера сезонной периодичности максимумов и минимумов, зимний минимум в большинстве случаев выражен слабо, а в отдельные годы вообще отсутствует. Это объясняется частыми оттепелями в зимнее время и неглубоким промерзанием верхних слоев. Колебания температуры сероводородных вод ничтожны (менее 0,5°С) и температура большинства родников близка к постоянной.

Минерализация сероводородных вод достигает 2,7 г/л с концентрацией сероводорода в некоторых источниках 30—50 мг/л. Колебания их невелики, химический состав практически остается без изменений в естественных условиях. Некоторое увеличение концентрации сероводорода прослеживается в весенний и осенний периоды, т. е. совпадает с увеличением содержания в водах саргаевского горизонта органических веществ. Сезонные изменения сульфатредуцирующих бактерий незначительны.

В районе курорта Балдоне концентрация сероводорода в воде значительно меньше, чем в Кемери. В эксплуатационной скважине (ул. Лауку, 12) содержание сероводорода достигает лишь 5,8 мг/л (менее 10 мг/л) и согласно нормам эти балдонские воды нельзя отнести к минеральным сероводородным. Режим балдонских вод, приуроченных глав-

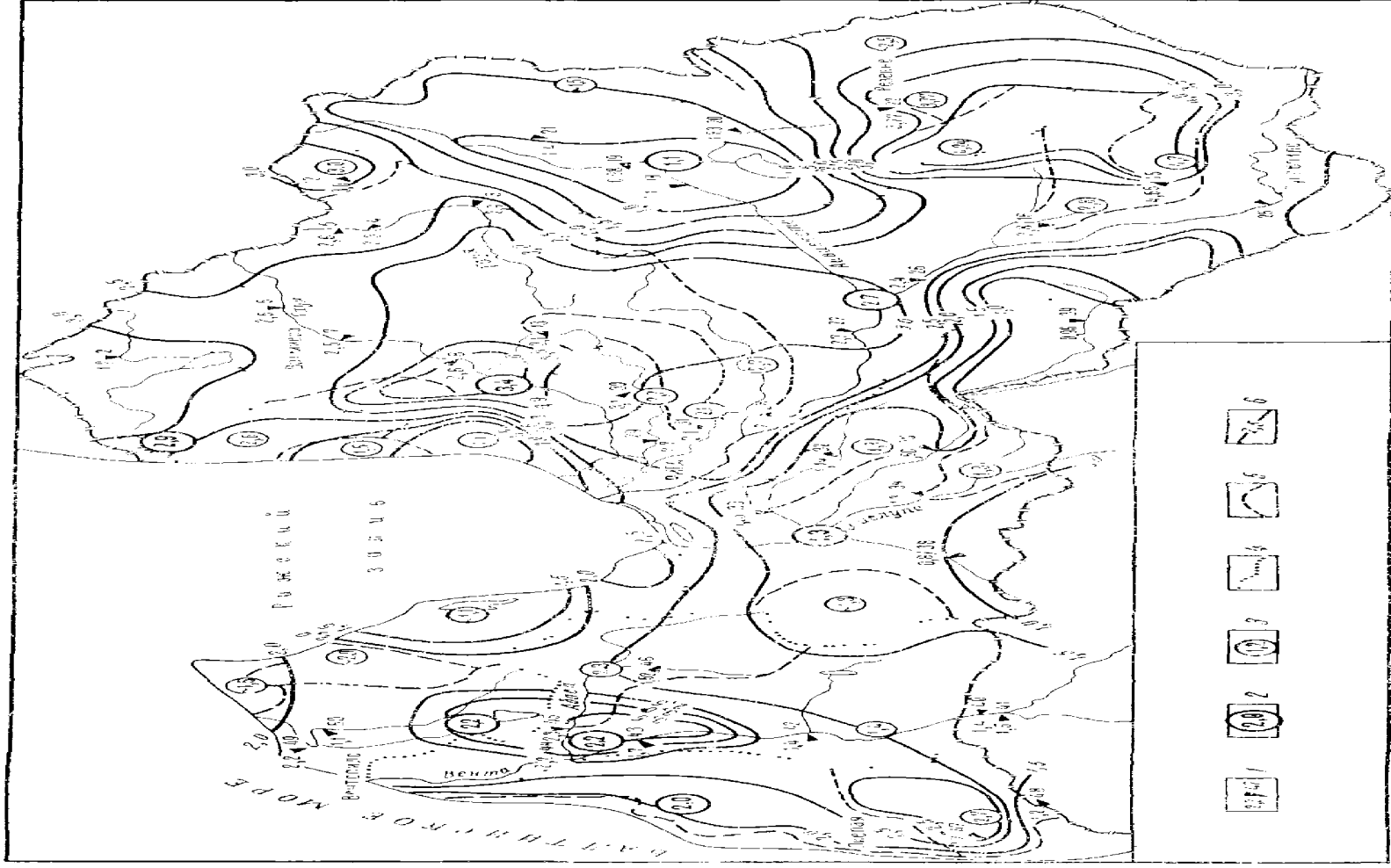
ным образом к верхней части саргаевского горизонта, а в некоторых случаях к бургеско-семилукскому и нижней части саргаевского горизонта, сходен с режимом сероводородных вод Кемери. Концентрация сероводорода изменяется в основном под влиянием искусственных факторов. Так, в 1961 г. вследствие перетекания сероводородных вод в ниже лежащие горизонты в некачественно сооруженной эксплуатационной скважине резко снизилась концентрация сероводорода (с 5,8 до 5 мг/л). После тампонажа этой скважины содержание сероводорода восстановилось. Наряду с такими резкими колебаниями концентрации сероводорода происходит и постепенное ее снижение. Например, в 1960 г. концентрация сероводорода снизилась с 6,6 до 5,5 мг/л. В целях предотвращения дальнейшего снижения концентрации балдонских сероводородных вод необходимо принять меры по их охране: установить оптимальный режим эксплуатации, произвести тампонаж некачественно сооруженных артезианских скважин, ограничить мелиоративные мероприятия и др.

### ПОДЗЕМНЫЙ СТОК

На территории Латвийской ССР динамика подземных вод и основные закономерности формирования подземного стока более изучены для зоны интенсивного водообмена, т. е. части водоносной толщи, интенсивно дренируемой гидрографической сетью или водоемами, в которые последняя разгружается. Мощность зоны интенсивного водообмена на территории Латвии может быть принята ориентировочно в 200—300 м. От нижней зоны относительно замедленного водообмена она довольно надежно изолирована мощной (до 100—123 м) глинисто-мергелистой толщей наровского горизонта ( $D_{2nr}$ ). Ниже этого мощного водоупорного ложа до кристаллического фундамента в осадочной толще содержатся, как правило, минерализованные воды и рассолы. На однократный обмен воды в этих комплексах, по-видимому, потребуются сотни тысяч лет или более.

Зона интенсивного водообмена характеризуется преимущественно пресными водами. В результате инфильтрации атмосферных осадков, постоянно восполняющих ресурсы подземных вод и поддерживающих разность напоров, формируется подземный сток — неотъемлемая составляющая общего водооборота на земле. В среднемноголетнем разрезе величина подземного стока эквивалентна его восполнению инфильтрационным питанием. Величину среднемноголетнего инфильтрационного питания подземных вод в литературе принято называть естественными ресурсами. В региональном масштабе естественные ресурсы зоны интенсивного водообмена примерно равны подземному стоку в реки, а в пределах артезианских бассейнов, граничащих с морем, подземному стоку в реки и море. При оценке естественных ресурсов в условиях Латвийской ССР подсчеты ведут по двум открытым артезианским бассейнам: центральной части Латвийского и северному крылу Польско-Литовского. Разгрузка подземных вод происходит в местную гидрографическую сеть, в Рижский залив, Балтийское море и на территории смежных республик. Та часть подземного стока, которая дренируется реками, количественно определена гидролого-гидрогеологическим методом, разработанным Б. И. Куделиным (1949, 1960). Доля подземного стока, которая в пределах республики или любого интересующего района не дренируется гидрографической сетью, определена расчетом расхода потока по Дарси.

Ввиду отсутствия достоверных данных по всем водоносным горизонтам напорных вод в областях питания, залегающих наиболее глубоко, а также учитывая их маломощность и в некоторых случаях хорошую



гидравлическую связь с вышележащим четвертичным водоносным комплексом, в целом дренируемом гидрографической сетью, расчет по Дарси выполнен только для карбоново-фаменского, бургеско-саргаевского и швентойско-тартуского водоносных комплексов.

### ПОДЗЕМНЫЙ СТОК В РЕКИ И МОРЕ

Доля пресных подземных вод, которая дренируется гидрографической сетью, определялась методом расчленения гидрографов речного стока. Данные подсчета величины подземного стока в реки по 37 водомерным створам основных рек Латвии получены из ГГИ и МГУ и только по 12 водомерным створам расчеты производились Институтом геологии Риги.

Величина подземного стока в реки зоны интенсивного водообмена на разных участках Латвийской ССР различна и тесно связана с климатическими, орографическими, геоморфологическими и геологическими условиями. Величина подземного стока в реки и море зоны интенсивного водообмена отражена рис. 22. В связи со сравнительно редкой сетью водомерных створов для отдельных речных бассейнов притоков больших рек, как например, Берзе, Ауце, а также для группы бассейнов ряда мелких рек побережья Рижского залива и Балтийского моря вычислен средневзвешенный модуль подземного стока в реки или в реки и море по аналогии с бассейнами рек, протекающих примерно в одинаковых климатических, геоморфологических и геологических условиях. Такие бассейны или группы бассейнов выделены на карте как самостоятельные участки, и в условном центре тяжести их подземного стока поставлено принятое по аналогии для участка значение модуля подземного стока. Для участков побережья Рижского залива и Балтийского моря учтена частичная разгрузка подземных вод зоны интенсивного водообмена непосредственно в море. Однако ход и форма количественной характеристики естественных ресурсов те же, что и для подземного стока в реки, поскольку факторы, определяющие долю ресурсов подземных вод зоны интенсивного водообмена, одинаковы независимо от того, где происходит разгрузка. Условность, однако, заключается в том, что значения модулей подземного стока в море не обоснованы конкретными замерами, как большинство модулей подземного стока в реки, а приняты по аналогии с участками со сходными условиями инфильтрации и подземного стока, модули которых известны\*. Например, на территории Латвийской ССР большая часть рек берет начало на возвышенностях, а в нижнем течении пересекают низменности. Характер речной долины при переходе на низменность резко меняется, значит, меняются и условия дренирования. Кроме того, размещение сети водомерных створов в некоторых случаях затрудняет возможность определения размеров подземного стока в реки.

\* Кроме того, расчленение гидрографов рек, т. е. выделение на них величины подземного стока, проводилось по крупным районам дренирования, которые в сущности состоят из ряда подрайонов с различными условиями дренирования.

Рис 22 Схематическая карта изолиний модулей подземного стока — разгрузки в реки и в море зоны интенсивного водообмена  
1 — створ замеров расхода реки, справа — его номер, слева — значение модуля подземного стока в реку в л/сек с 1 км<sup>2</sup>, 2 — центр тяжести и модуль подземного стока для бассейна основной реки, 3 — центр тяжести и модуль подземного стока для речного бассейна второго порядка, 4 — граница бассейна основной реки, 5 — граница бассейна притока или характерного участка стока, 6 — изолиния модуля стока

Анализ величин подземного стока в реки зоны интенсивного водообмена, показанных на карте, позволяет вывести некоторые закономерности. Изолинии наибольших модулей подземного стока в реки в целом приурочены к возвышенностям. Максимальные значения модулей стока (2, 4 и 4,65 л/сек с 1 км<sup>2</sup>) установлены в пределах Восточно-Латвийской возвышенности (бассейн р. Малты и верхняя часть бассейна р. Дубны). Центрально-Видземская возвышенность характеризуется средним значением модуля стока (3 л/сек с 1 км<sup>2</sup>). Высокие показатели модулей подземного стока в реки на этих возвышенностях связаны с повышенной по сравнению с окружающими низменностями годовой суммой осадков и хорошими условиями инфильтрации. Разность гипсометрических отметок на возвышенностях обуславливает большие напорные градиенты, способствующие более ускоренному водообмену. На склонах возвышенностей напорные воды местами (например, в долине р. Малты) вскрываются эрозией и участвуют в подземном питании рек.

Меньшими величинами модулей подземного стока в реки характеризуются Западно-Латвийские возвышенности, отличающиеся более сглаженным рельефом и худшими условиями инфильтрации по сравнению с возвышенностями, упомянутыми выше. Максимальные значения модулей подземного стока в реки в западной части Латвии не превышают 2,7 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Наименьшими модулями подземного стока в реки отличаются Средне- и Восточно-Латвийская низменности. Значения модулей подземного стока в реки менее 1 л/сек с 1 км<sup>2</sup> установлены для бассейнов р. Свете (выше водомерного створа Узини), р. Мемеле (выше хутора Табокине) и р. Сусея (выше водомерного створа Элкшни) или в целом для верхней части бассейна р. Лиелупе. Долины рек здесь большей частью врезаются в моренные суглинки, в бассейнах широко распространены ленточные глины, рельеф плоский. Условия инфильтрации в пределах этих бассейнов плохие.

Другим участком отличающимся низкими показателями модулей подземного стока в реки, является бассейн р. Айвиексте выше пос. Мейраны (Лубана), включая бассейн р. Педедзе, нижнее течение рек Малты и Резекне и окрестность оз. Лубана. Рельеф Восточно-Латвийской низменности здесь плоский, четвертичные породы маломощны и характеризуются преобладанием моренных суглинков и лимногляциальных глин, лишь участки прикрытых флювиогляциальными россыпями. Кроме того, как Восточно-, так и Средне-Латвийская низменности отличаются наименьшими годовыми суммами осадков.

Средним значением модуля подземного стока в реки (2,9 л/сек с 1 км<sup>2</sup>) характеризуется бассейн р. Салацы, отличающийся высокой годовой суммой осадков, средними условиями инфильтрации и разгрузкой подземных артезианских вод в среднем и нижнем течении реки.

Модули стока в реки и в море на побережье Рижского залива и Балтийского моря изменяются от 1 до 2 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, инфильтрационное питание подземных вод здесь практически низкое: исключение составляет участок Слока — Кемери, где происходит интенсивная разгрузка подземных вод, областью питания которых являются Курземские возвышенности. Ориентировочно величина модуля подземного стока в море здесь 2,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>. Данный пример ясно показывает, что не во всех случаях в пределах республики величины подземного стока и естественных ресурсов тождественны. Как увидим дальше (см. гл. IV), значительные расхождения этих величин выявлены в бассейнах Малты, Аматы, Браслы, Лиела и Маза Юглы и других рек.

Для большей части Латвии характерны модули подземного стока в реки и море порядка 2—3 л/сек с 1 км<sup>2</sup>. Подземный сток в реки состав-

ляет от 10 до 50% от общего стока рек. Наименьшие процентные соотношения типичны для бассейнов рек Средне- и Восточно-Латвийской низменности, наибольшие для бассейна р. Гауи и бассейнов рек Восточно-Латвийской возвышенности.

Ниже приводятся определение и количественная характеристика той доли подземного стока, которая гидрографической сетью в пределах расчетного района не дренируется.

#### ОБЛАСТИ ПИТАНИЯ И РАСХОДА ПОТОКОВ ГЛУБОКИХ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД

Анализ карт гидроизопьез совокупно с гипсометрической картой рельефа, а также учет строения и литологии четвертичной толщи дали возможность выделить на территории республики семь основных областей питания подземных вод, которые приняты в качестве основных расчетных районов. Остаточные участки речных бассейнов рассматриваются как самостоятельные расчетные районы, но, как правило, со средневзвешенными значениями основных гидрогеологических показателей и учетом при расчетах притока или оттока «глубоких» артезианских вод. Кроме того, как самостоятельные расчетные районы выделены участки в прибрежной полосе Рижского залива и Балтийского моря, в бассейне р. Даугавы и латвийской части бассейна р. Великой. Всего выделен 21 расчетный район.

Для количественной оценки расходов потоков по основным водоносным комплексам с использованием карты гидроизопьез выделены расчетные участки стока, подсчитаны для них средние значения водопроницаемости ( $Km_{cp}$ ), гидравлического градиента ( $J_{cp}$ ) и ширины фронта потока ( $B_{cp}$ ), а отсюда производительность потока (по Дарси).

$$Q = Km_{cp} \cdot J_{cp} \cdot B_{cp}.$$

Исходные данные и результаты подсчетов сведены в табл. 13.

Значения  $Km$  и  $J$  получены в результате тщательной проработки полученных опытным путем данных по эксплуатационным на воду скважинам, количество которых исчисляется тысячами. Следует оговорить, что полученные таким путем данные о подземном стоке все же нужно расценивать только как приближенные: 1) само понятие «глубокие артезианские воды», вполне четкое для отдельного расчетного района, в значительной мере становится неопределенным для региональных условий, т. е. при наличии нескольких расчетных створов, нескольких бассейнов или при переносе этих вод из одного бассейна в другой; 2) карты гидроизопьез и значений  $Km$  построены только для основных водоносных комплексов, перенос же происходит по всей толще; 3) по значительной части территории один основной водоносный комплекс перекрывается вторым, и произведенные расчеты соответствуют действительности лишь постольку, поскольку по пути потока не происходит перелив из одного комплекса в другой; 4) по пути потока может происходить частичная (скрытая) разгрузка в гидрографическую сеть, влияющая на величину подземного стока в реки; 5) по пути потока может происходить дополнительное подпитывание за счет инфильтрации сверху; 6) опыт показывает, что расчет расхода потока по Дарси обычно дает несколько заниженные цифры. Правда, допускаемые неточности, как правило, не однозначны и не действуют одновременно. В общей сложности подсчитанные значения расходов несколько ниже значений, получаемых по подземному стоку в реки.



Таблица 13

Сведения о расходах потоков глубоких артезианских вод  
по бургеско-саргаевскому водоносному комплексу

Номер расчетного участка	$J_{\text{ср}}$	$Kt_{\text{ср}}$ м <sup>2</sup> /сутки	$B_{\text{ср}}$ м	$Q$ м <sup>3</sup> /сутки	Направление потока
1	0,002	300	18 000	10 800	В бассейн р Айвиек
2	0,002	230	35 000	16 100	сте
3	0,002	360	28 000	20 100	То же, р Даугавы
4	0,0023	156	45 000	16 100	То же
5	0,0048	500	24 000	57 500	В р Гаюю
6	0,0028	450	25 000	28 000	То же
7	0,0035	300	25 000	26 200	"
8	0,004	180	20 000	14 400	В бассейн р Великой
9	0,001	300	26 000	7 800	То же, р Айвиексте
10	0,0025	70	12 000	2 100	" р Великой
11	0,001	800	55 000	44 000	То же
12	0,0016	780	27 000	33 700	"
13	0,0012	1 600	27 000	51 800	"
14	0,004	1 600	20 000	128 100	"
15	0,0027	200	35 000	18 900	В бассейн р Даугавы
16	0,0008	800	28 000	17 900	То же
17	0,001	1 290	39 000	50 100	Внутри бассейна р Ай-
					виексте
18	0,0012	780	25 000	23 400	То же
19	0,0013	400	40 000	20 800	Из бассейна р Дауга-
					вы в бассейн р Лиелупе
Итого				584 900	

## Швентойско-тартуский водоносный комплекс

1	0,001	580	35 000	20 300	В бассейн р Даугавы
2	0,001	780	23 000	17 900	То же
3	0,0016	750	26 000	32 400	"
4	0,0023	610	25 000	35 100	В Рижский залив
5	0,0025	450	30 000	33 700	То же
6	0,0025	450	17 000	19 100	"
7	0,0016	200	26 000	8 300	"
8	0,0013	660	20 000	17 100	В бассейн р Салацы
9	0,0012	580	30 000	20 900	В р Гаюю
10	0,0012	800	22 000	21 100	То же
11	0,0037	630	30 000	69 900	"
12	0,0017	300	42 000	21 400	Внутри бассейна р Га-
					уи
13	0,0007	700	60 000	29 400	То же
14	0,0012	900	30 000	32 400	В бассейн р Великой
15	0,0009	580	30 000	15 600	Внутри бассейна р Ай-
					виексте
16	0,0008	1 700	23 000	31 300	То же
17	0,0008	1 000	60 000	48 000	В бассейн р Даугавы
18	0,0014	800	28 000	31 300	То же
19	0,0007	990	47 000	32 600	"
20	0,001	1 580	35 000	55 300	В бассейн р Лиелупе
21	0,0005	760	35 000	13 300	Внутри бассейна р Ли-
					елупе
22	0,0005	600	40 000	12 000	То же
23	0,0016	600	33 000	31 700	"
24	0,002	700	30 000	42 000	В Рижский залив
25	0,002	600	62 500	75 000	То же
26	0,0011	410	38 000	17 100	В бассейн р Венты
27	0,0017	400	21 000	14 300	В бассейн р Ирбе
28	0,0014	420	16 000	9 400	То же, р Абавы

Продолжение табл. 13

Номер расчетного участка	$J_{\text{ср}}$	$K_{\text{тср}},$ $\text{м}^3/\text{сутки}$	$B_{\text{ср}},$ $\text{м}$	$Q,$ $\text{м}^3/\text{сутки}$	Направление потока
29	0,002	400	33 000	26 400	Внутри бассейна
30	0,0013	400	16 500	8 600	р. Венты
31	0,001	400	20 000	8 000	В р. Венту
32	0,0007	480	25 000	8 400	То же
33	0,0016	450	45 000	32 400	В Балтийское море
34	0,001	400	35 000	14 000	То же
					"
Итого				794 100	
Карбоново-фаменский водоносный комплекс*					
1	0,0025	600	20 000	30 000	В бассейн р. Абавы
2	0,0028	700	37 000	72 500	То же, р. Абавы и
3	0,003	480	15 000	21 600	р. Лиелупе
4	0,002	150	40 000	12 000	В бассейн р. Лиелупе
5	0,0033	480	30 000	47 500	То же
6	0,005	350	23 000	40 250	В р. Венту
7	0,002	300	30 000	18 000	То же
					В бассейн р. Барты
Итого				241 850	
Всего				1 620 850	

\* Отложения верхней части верхнедевонского отдела в настоящее время относятся к нижнему карбону. В отчете по эксплуатационным запасам (1962) карбоново-фаменский водоносный комплекс именуется вентско-елецким водоносным комплексом верхнего девона. Поскольку в отчете расчеты произведены по бывшему вентско-елецкому комплексу, во избежание перерасчетов и из-за отсутствия данных в настоящей главе карбонатный водоносный горизонт не выделен как самостоятельный и рассматривается совместно с отдельными горизонтами верхнего девона.

Изложенное свидетельствует о том, что данные о переносе «глубоких» артезианских вод, столь ценные для подсчета естественных ресурсов подземных вод отдельных расчетных районов, по региону в целом могут быть суммированы только условно, тем более, что «глубокими» по отношению ко всему региону могут считаться только те воды, которые разгружаются за пределами расчетного района (для территории Латвийской ССР в целом: в Рижский залив, Балтийское море и территории смежных республик).

По основным областям питания наибольший расход глубоких артезианских вод (тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ) показывают расчетные районы: I (482,5) и IV (335,1), XVI (249,0), XVII (118,6), V (111,9), XV (87,2) и III (63,1). Модули «глубокого» подземного стока ( $\text{л/сек}$  с  $1 \text{ км}^2$ ): соответственно для районов I—0,94; III—0,66; XVI—1,09; XVII—1,00; V—0,93; XV—0,24 и III—0,54 или в среднем со всех семи основных областей питания 0,72  $\text{л/сек}$  с  $1 \text{ км}^2$ .

Всего с основных областей питания стоком глубоких артезианских вод уходит 1447,4 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ , в том числе по швентойско-тартускому комплексу 674,7  $\text{м}^3/\text{сутки}$  по бургеско-саргаевскому 530,8  $\text{м}^3/\text{сутки}$  по карбоново-елецкому 241,8 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ . Этими данными не исчерпываются ресурсы глубоких артезианских вод, так как подпитывание их может происходить и за пределами основных областей питания. Более точные сведения могут быть получены только с учетом общего оборота подземных вод территории республики в целом.



## ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Под естественными ресурсами подземных вод понимается обеспеченный питанием приток или отток подземных вод, т. е. та их часть, которая непрерывно возобновляется в процессе общего круговорота влаги на земле [Куделин, 1960]. Естественные ресурсы пресных подземных вод на территории Латвийской ССР и любого расчетного района ее складываются из двух отдельно определяемых составляющих: из величины подземного стока в реки и моря и из той доли подземного стока, которая в пределах рассматриваемого района гидрографической сетью не дренируется. Вместе с тем при разбивке территории на расчетные районы, что необходимо для получения количественных характеристик указанных двух величин подземного стока и приведения их к единому выражению по определенной площади, центр тяжести расчетов от речных бассейнов переносится на специально выделенные расчетные районы (рис. 23).

Ту часть подземного стока зоны интенсивного водообмена, которая более глубоким артезианским стоком уходит за пределы рассматриваемого района, при наличии достоверных данных можно было бы определить путем решения известного уравнения общего водного баланса. Однако достоверные данные по замерам общего речного стока, что

Т а б л и ц а 14

Естественные ресурсы пресных подземных вод Латвийской ССР  
(по данным среднего годового водного баланса)

№ п/п	Бассейн реки	Створ	Площадь водосбора км <sup>2</sup> *	Модуль инфильтрационного питания л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Суммарные размеры инфильтрации тыс м <sup>3</sup> /сутки	Модуль подпитывания глубоких артезианских вод л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Суммарные размеры подпитывания глубоких артезианских вод тыс. м <sup>3</sup> /сутки
1	Гауя (латвийская часть бассейна) . . . . .	Сигулда	8 430	5,1	3700	+1,7	+1240
2	Салаца (латвийская часть бассейна) . . . . .	Лагасте	2 380	4,6	945	+1,7	+350
3	Айвиекте (латвийская часть бассейна) . . . . .	Мейраны	7 020	2,3	1400	+1,2	+725
4	Даугава (IX район) . . . . .	Дзелзляяс	7 700	5,7	3790	-0,3	-200
5	Вента (латвийская часть бассейна) . . . . .	Абава	3 460	1,6	477	-0,5	-149
6	Ирбе . . . . .	Вичаки	1 920	4,5	745	+2,2	+375
7	Барта (латвийская часть бассейна) . . . . .	Дукупи	1 140	1,9	187	-1,5	-148
8	Лиелупе (латвийская часть бассейна) . . . . .		8 400	1,2**	868	+1,0**	+725
9	Даугава (X и XI районы) . . . . .		3 660	2,0**	635	-0,5	-158
10	Великая (XXI район) . . . . .		1 950	1,8***	303	+1,2	+201
11	Остальные бассейны (в основном низовья рек и побережье моря) . . . . .		18 440	1,0***	1590	-1,0	-1590
Всего . . . . .			64 500	—	14 740	—	+1371

\* Площади водосборов взяты из опубликованных гидрологических ежегодников по состоянию на 1962 г

\*\* Модули оценены комбинированным методом

\*\*\* Модули оценены по аналогии

является членом уравнения, центральных водных артерий — рек Даугава, Лиелупе и Вента, а также вдоль морского побережья, отсутствуют. Имеющиеся данные по испарению в большинстве случаев заведомо неверны, так как получены расчетным путем без учета стока глубоких артезианских вод.

Для значительной части территории с целью контрольного сравнения и проверки надежности данных по оценке естественных ресурсов, полученных двумя вышеупомянутыми методами, все же приводятся данные водного баланса по бассейнам главных дренирующих рек (табл. 14).

Исходными данными для оценки естественных ресурсов по всей территории и по выделенному 21 расчетному району являются значения подземного стока в реки и море (см. рис. 22) и данные табл. 15.

Таблица 15

## Инфильтрационное питание подземных вод Латвийской ССР

Номер района	Расчетная площадь, км <sup>2</sup>	Усредненное значение модуля подземного стока в реки, л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Модуль подземного подтока (—) или оттока (+) глубоких артезианских вод, л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Модуль инфильтрационного питания подземных вод, л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Размеры инфильтрации на уровень грунтовых вод, тыс. м <sup>3</sup> /сутки
I	5 970	2,70	+0,94	3,6	1 860
II	3 930	0,38	—0,18	0,5*	169
III	1 360	3,00	+0,22	3,2	376
IV	5 850	2,75	+0,66	3,4	1 720
V	1 200	3,80	—0,02	3,8	394
VI	4 080	3,50	—0,66	2,8	985
VII	2 380	2,90	+0,03	2,9	595
VIII	1 320	2,00	0,00	2,00	228
IX	7 700	2,80	—0,13	2,7	1 790
X	1 770	2,46	—0,46	2,0	306
XI	1 890	—**	—**	2,0	327
XII	1 470	—**	—**	1,6	203
XIII	8 400	1,4	—0,22	1,2	870
XIV	600	—	—	0,5	26
XV	4 000	2,1	+0,26	2,4	830
XVI	2 650	1,5	+1,10	2,6	595
XVII	1 370	1,7	+1,00	2,7	320
XVIII	1 380	3,5	—1,50	2,0	239
XIX	2 850	—	—	2,0***	490
XX	2 500	2,2	—0,57	1,6	345
XXI	1 950	—	—	1,8***	303
Всего	64 620	—	—	—	12 971
Фактически около 64 500					

\* Значение принято условно вместо полученных по расчету 0,3

\*\* В районе происходит частичная разгрузка артезианских вод

\*\*\* Значение модуля оценено по аналогии и на основании общих соображений

Подсчет естественных ресурсов производился отдельно по каждому расчетному району. Ниже приводятся примеры расчета.

Условные обозначения:  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  — общий по району расход потока артезианских вод;  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$  — расходы потока по отдельным водоносным комплексам или горизонтам;  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  — расходы потока по соответствующим расчетным участкам;  $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$  — модули подземного стока в реки по отдельным речным бассейнам района;  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  — площади этих бассейнов до соответствующего створа;  $M_a$  — модуль подземного стока глубоких артезианских вод;  $R$  — значение модуля естественных ресурсов в л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

# **I РАЙОН (ОБЛАСТЬ ПИТАНИЯ) (ВОСТОЧНО-ЛАТВИЙСКАЯ ВОЗВЫШЕННОСТЬ)**

Общая площадь  $F$  5970 км<sup>2</sup>.

Приход артезианских вод  $Q''$  из смежных территорий отсутствует.

Расход  $Q'$ :

1. По швентойско-тартускому комплексу

$$Q_1' = q_{14} + q_{15} + q_{16} + q_{17} + q_{18} = 32\,400 + 15\,600 + 31\,300 + 48\,000 + 31\,300 = 158\,600 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

2. По бургеско-саргаевскому комплексу

$$Q_2' = q_{12} + q_{13} + q_{14} + q_{15} + q_{16} + q_{17} + q_{18} = 33\,700 + 51\,800 + 128\,100 + 18\,900 + 17\,900 + 50\,100 + 23\,400 = 323\,900 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

$$Q_I = Q_1' + Q_2' = 158\,600 + 323\,900 = 482\,500 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

$$M_a = \frac{Q_I \cdot 1000}{P \cdot 86\,400} \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2 = \frac{482\,500 \cdot 1000}{5970 \cdot 86\,400} = 0,94 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

Значение модуля подземного стока в реки для района получаем как средневзвешенное по бассейнам рек Резекне (створ Гришканы), Дубна (створ Сили) и Малта (створ Вилияны). Соответственные значения для площадей водосборов приведены в табл. 16, а модулей подземного стока в реки и море показаны на карте (см. рис. 22). При этом следует учитывать, что в бассейне р. Малты происходит частичная разгрузка глубоких артезианских вод, уже входящих в состав  $M_a$ . Приближенные размеры этой разгрузки (2,50 л/сек с 1 км<sup>2</sup>) находим по водному балансу этого бассейна (см. табл. 16). Следовательно, по бассейну р. Малты подземный сток в реки, характеризующий естественные ресурсы, следует учитывать в размере 4,24—2,50=1,74 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

$$M_{cp} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + M_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{(3,77 \cdot 504) + (2,8 \cdot 1600) + (767 \cdot 174)}{2871} = 2,70 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

$$R_1 = M_{cp} + M_a = 2,70 + 0,92 = 3,62 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

## **II РАЙОН (ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ БАСЕЙНА р. АЙВНЕКСТЕ)**

Общая площадь  $F$  3930 км<sup>2</sup>.

Приход артезианских вод  $Q''$

1. По швентойско-тартускому комплексу

$$Q_1'' = q_{15} + q_{16} = 15\,600 + 31\,300 = 46\,900 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

2. По бургеско-саргаевскому комплексу

$$Q_2'' = q_1 + q_9 + q_{17} + q_{18} = 10\,800 + 7800 + 50\,100 + 23\,400 = 92\,100 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Итого приход

$$Q_{II}'' = Q_1'' + Q_2'' = 46\,900 + 92\,100 = 139\,000 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Расход артезианских вод по швентойско-тартускому комплексу незначителен.

По бурегско-саргаевскому

$$Q_2' = q_{10} + q_{11} = 44\,000 + 33\,700 = 77\,700 \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

Всего по району приход

$$Q_{II}'' = 139\,000 - 77\,700 = 61\,300 \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

$$M_a = \frac{Q_{II} \cdot 1000}{F \cdot 86\,400} = \frac{61\,300 \cdot 1000}{3930 \cdot 86\,400} = \frac{61\,300}{340\,000} = 0,18 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

Для получения средневзвешенного по району значения модуля подземного стока в реки использованы значения модуля для бассейна

р. Айвиесте (створ Мейраны), латвийской части бассейна р. Педедзе (створ Викиши) и части бассейна р. Айвиесте, входящей в состав I района

$$M_{cp} = \frac{M_1 F_1 - M_2 F_2 - M_3 F_3}{F_1 - F_2 - F_3} = \frac{(1,1 \cdot 7200) - (1,0 \cdot 830) - (2,2 \cdot 1740)}{7200 - 830 - 1740} =$$

$$= 0,52 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

$$R_{II} = M_{cp} - M_a = 0,52 - 0,18 = 0,34 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

Таблица 16

Ориентировочный среднегодовой водный баланс Латвийской ССР

Номер водомерного створа	Бассейн реки	Расчетный створ	Пло- щадь водо- сбора км²	Осадки X <sub>0</sub> мм/год	Сток								Испарение		Всего инфильтрация на уровень грунтовых вод		Модуль ресурсов, л/сек с 1 км²	Модуль глубокого артезианского стока, л/сек с 1 км²
					общий		в том числе											
					мм/год	в % от X <sub>0</sub>	поверхностный		подземный сток в реки		глубокий артезианский							
							мм/год	в % от X <sub>0</sub>	мм/год	в % от X <sub>0</sub>	мм/год	в % от X <sub>0</sub>	мм/год	в % от X <sub>0</sub>	мм/год	в % от X <sub>0</sub>		
1	Салаца	Лагасте	3 310	732	332	45,3	186	25,4	91	12,4	55	7,5	400	54,7	146	19,9	4,6	1,74
3	Гауя	Лемби	1 550	750	360	48,0	165	22,0	99	13,2	96	12,8	390	52,0	195	25,0	6,1	3,0
4	"	Тилдери	2 070	740	350	47,3	205	27,6	73	9,9	72	9,7	390	52,7	145	19,6	4,6	2,3
7	"	Валмиера	6 850	700	310	44,3	155	22,0	79	11,3	56	8,0	390	55,7	135	17,1	4,2	1,8
9	"	Сигулда	9 170	720	320	44,5	160	22,2	107	14,9	53	7,4	400	55,5	160	22,2	5,1	1,7
10	Брасла	Авайды	514	810	425	52,5	304	37,5	121	14,9	35*	4,3*	420	51,9	86	16,2	2,7	1,10*
12	Вайдава	Апе	392	710	303	42,7	208	29,2	95	13,4	8*	1,1*	415	58,5	87	12,2	2,7	0,25*
13	Амата	Скуене	72	800	427	53,4	321	40,1	106	13,3	27*	3,4*	400	50,0	79	9,9	2,5	0,86*
14	Индрица	Н. Александрово	171	700	320	45,7	227	32,5	27	3,8	6,6	9,4	380	54,3	93	13,3	2,94	2,1
15	Дубна	Вишки	624	680	290	42,6	138	20,3	145	21,3	7	1,0	390	57,4	152	22,4	4,8	0,22
16	"	Сили	1 600	690	300	43,5	205	29,8	88	12,7	7	1,0	390	56,5	95	13,9	3,0	0,22
18	Айвиексте	Мейраны	7 200	616	236	38,3	163	26,5	34	5,5	39	6,3	380	62,0	73	11,9	2,3	1,24
19	Педедзе	Викшни	1 460	700	300	43,0	193	27,7	31	4,4	76	10,9	400	57,0	107	15,3	3,4	2,4
22	Резекне	Гришкалы	504	650	280	43,0	138	21,2	130	20,0	12	1,8	370	57,0	142	21,9	4,5	0,38
23	Малта	Вилияны	767	660	360	54,5	226	34,2	134	20,3	80*	12,1*	380	57,6	54	8,2	1,7	2,50*
27	Даугава	Дзелзляс (участок Дау- гавпилс — Дзелзляс без бассейна Айвиексте до Мейраны)	9 200	690	300	43,5	106	15,3	194	28,2	10*	1,5*	400	58,0	184	26,7	5,7	0,3*
27	"	Дзелзляс (то же включая бассейн Айвиексте)	16 400	650	263	40,5	140	21,5	123	19,0	3*	0,5*	390	60,0	120	18,5	3,8	0,10*
28	Огре	Лиелпечи	1 610	770	370	48,1	263	34,2	84	10,9	23	3,0	400	51,9	107	13,9	3,4	0,73
29	Л. Югла	Заки	634	760	366	48,2	281	37,0	85	11,1	16*	2,1*	410	54,0	69	9,8	2,2	0,50
31	М. Югла	Старини	492	750	372	49,6	309	41,2	63	8,4	32*	4,3*	410	54,7	31	4,1	1,0	1,02*
32	Миса	Берки	540	665	260	39,1	186	28,0	36	5,4	38	5,7	405	60,9	74	11,1	2,34	1,2
34	Лиелупе	Межотне	9 510	619	239	38,6	154	24,9	41	6,6	44	7,1	380	61,4	85	13,7	2,7	1,4
35	Иецава	Дупши	530	645	248	38,9	195	30,3	53	8,2	3*	0,5*	400	62,0	50	7,8	1,58	0,1*
42	Вента	Скрунда	7 540	660	292	44,3	248	37,6	44	6,7	12*	1,8*	380	57,5	32	4,9	1,1	0,38
44	"	Абава	11 000	685	322	46,7	258	37,0	69	10,1	17*	2,5*	380	55,4	52	7,8	1,6	0,54*
45	"	Сисени	1 720	660	292	43,9	219	33,1	73	11,1	22*	3,3*	390	59,1	55	8,3	1,7	0,7*
47	Барта	Дукупи	1 750	740	340	46,0	244	33,0	85	11,5	11	1,5	400	54,0	96	12,9	3,0	0,35
48	"	Скуодас-Ду- купы	1 138	750	378	50,4	269	35,8	109	14,6	48*	6,4*	420	56,0	61	8,1	1,95	1,5*
49	Ирбе	Вичаки	1 920	720	310	43,0	167	23,2	73	10,0	70	9,7	410	57,0	143	19,9	4,5	2,2
50	Стенде	Аице	540	730	320	43,8	200	27,4	35	4,8	85	11,6	410	56,2	120	16,4	3,8	2,7

\* В бассейне происходит частичная разгрузка артезианских вод

Это значение представляется нам несколько заниженным. Учитывая некоторую условность значения 2,7 для части бассейна, входящей в I район, считаем возможным значение  $R_{II}$  повысить до 0,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, т. е. до средневзвешенного значения модуля подземного стока в реки  $M_{ср}$ . В таком случае

$$R_{II} = 0,5 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2.$$

Данные о размерах инфильтрационного питания по всем расчетным районам сведены в табл. 15.

Из табл. 15 видно, что модуль естественных ресурсов пресных подземных вод по отдельным районам меняется от 0,5 до 3,8 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, составляя в среднем 2,3 л/сек с 1 км<sup>2</sup>. Суммарно величина инфильтрационного питания по всей территории республики составляет примерно 13 000 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

И. С. Зекцер (1963) при составлении карты естественных ресурсов пресных подземных вод Латвийской ССР масштаба 1 : 1 000 000 эти величины оценил в 137,2 м<sup>3</sup>/сек, или 11 900 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. При этом он не учитывал следующие расходы подземных вод: 1) сток подземных вод в Рижский залив, Балтийское море и депрессионную воронку г. Риги — не менее 450 тыс. м<sup>3</sup>/сутки; 2) отток артезианских вод в бассейны рек Великой и Даугавы за пределы республики ~ 320 тыс. м<sup>3</sup>/сутки; 3) отток на территорию Литовской ССР — по крайней мере 50 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Таким образом, суммарный отток подземных вод за пределы республики составляет не менее 450 + 320 + 50 = 920 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Кроме того, подземные воды, используемые для водоснабжения (не считая Рижский район, расход по которому уже входит в состав вышеупомянутых 920 тыс. м<sup>3</sup>/сутки) — не менее 440 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Для контрольного сравнения ресурсы пресных подземных вод подсчитаны водно-балансовым методом; соответствующие данные сведены в табл. 16, из которой следует, что инфильтрационное питание подземных вод составляет 14 740 тыс. м<sup>3</sup>/сутки; это примерно на 1700 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, или на 13%, превышает значение, полученное комбинированным методом. По ресурсам «глубоких» артезианских вод неувязка между данными, полученными этими двумя методами, составляет 350 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, или более 25%.

Учитывая ненадежность основных исходных величин для составления водного баланса (норм осадков, общего и подземного стоков, особенно испарения), а также несоответствие границ поверхностных и подземных бассейнов неувязку прихода с расходом глубоких артезианских вод можно считать допустимой, а расхождение между значениями суммарного инфильтрационного питания подземных вод, полученными комбинированным и балансовым методами (примерно 1700 тыс. м<sup>3</sup>/год), вполне естественным, тем более, что при комбинированном методе расчеты велись только по основным водоносным комплексам зоны интенсивного водообмена, а в водообороте принимает участие вся зона.

### ЕСТЕСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ АРТЕЗИАНСКИХ ВОД

Важно выделить ту часть ресурсов подземных вод, которая может быть использована для хозяйственного водоснабжения. В условиях Латвии это в основном воды, циркулирующие в зоне интенсивного водообмена дочетвертичных отложений, которые составляют категорию артезианских вод, а роль напорных вод четвертичных отложений в общем водообороте незначительна. Грубо ориентировочную оценку этой составляющей естественных ресурсов можно произвести на основании нижеследующих соображений.



В Латвии летом в устойчивую засушливую погоду сток многих рек (водосборная площадь которых может достигать 200 км<sup>2</sup> и более, а разгрузка артезианских вод в них по гидрогеологическим условиям невозможна) теряется совсем или снижается до ничтожных размеров. Кроме того, имеется много рек, сток которых летом совершенно теряется, несмотря на то, что в какой-то мере они обычно вскрывают водоносные дочетвертичные отложения. Дебиты родников, питающихся водами дочетвертичных отложений, летом, как правило, сильно сокращаются (нередко до нуля). В то же время имеются такие речки, в подземном питании которых принимают участие только грунтовые воды (например, в юго-западной части Центрально-Видземской возвышенности), однако их сток и летом сохраняет значительные размеры. Поэтому в общей сложности условно можно принять, что минимальный сток рек (с учетом «глубокого» артезианского стока) приблизительно равен естественным ресурсам артезианских вод.

Подсчет ресурсов артезианских вод производился комбинированным методом для тех же расчетных районов и в таком же порядке, что и ресурсов подземных вод (см. рис. 23). Результаты сведены в табл. 17.

Таблица 17

## Инфильтрационное питание артезианских вод Латвийской ССР

Номер района	Расчетная площадь км <sup>2</sup>	Модуль инфильтрационного питания (естественные ресурсы артезианских вод) л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Размеры инфильтрации на уровень артезианских вод м <sup>3</sup> /сутки	Номер района	Расчетная площадь км <sup>2</sup>	Модуль инфильтрационного питания (естественные ресурсы артезианских вод) л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Размеры инфильтрации на уровень артезианских вод, м <sup>3</sup> /сутки
I	5 970	2,9	1 495 000	XII	1 470	0,2	27 000
II	3 970	0,3	104 000	XIII	8 400	0,6	518 000
III	1 550	1,6	214 000	XIV	600	0,0	0
IV	5 850	2,1	1 063 000	XV	4 000	1,3	450 000
V	1 200	3,0	311 000	XVI	2 650	2,2	505 000
VI	4 900	2,1	880 000	XVII	1 370	2,5	296 000
VII	2 380	1,6	330 000	XVIII	1 380	0,3	36 000
VIII	1 320	0,0	0	XIX	2 850	0,3	74 000
IX	7 700	1,7	1 130 000	XX	2 500	0,9	194 000
X	1 770	1,3	199 000	XXI	1 950	1,0	169 000
XI	1 890	1,0	163 000	Всего 64 620 В среднем 1,44			8 058 000

Из табл. 17 видно, что модуль естественных ресурсов артезианских вод меняется от 0 до 3 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, составляя в среднем 1,44 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, или почти 62% от общего инфильтрационного питания подземных вод. Как и следовало ожидать, минимальные значения получены для равнинных участков транзита или разгрузки артезианских вод, максимальные — для участков интенсивного инфильтрационного питания подземных вод. Суммарно по всей территории республики естественные ресурсы артезианских вод составляют 8058 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Для сопоставления подсчитаны ресурсы артезианских вод по среднесуточным минимальными модулями подземного стока в реки. Результаты сведены в табл. 18.

Как видно из табл. 18, модули естественных ресурсов меняются от 0 до 2,56, составляя в среднем 1,48 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, что суммарно по территории республики дает 8254 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, или 64% от естественных ресурсов подземных вод.

Оценка естественных ресурсов подземных вод проводилась по усовершенствованному варианту методики, предложенной Б. И. Куделиным

Таблица 18

**Суммарные ресурсы артезианских вод Латвийской ССР  
(по минимальным модулям подземного стока в реки)**

№ п/п	Наименование бассейна рек	Створ	Пло- щадь водо- забора, км <sup>2</sup>	Значение минимального модуля подземного стока, л/сек с 1 км <sup>2</sup>	Суммарные размеры минималь- ного стока, тыс м <sup>3</sup> /сутки
1	Гауя (латвийская часть бассейна)	Сигулда	8 430	2,36	1 720
2	Салаца (латвийская часть бассейна)	Лагасте	2 380	1,61	330
3	Айвиекте (латвийская часть бассейна)	Мейраны	7 020	0,68	412
4	Дубна	Сили	1 600	1,71	237
5	Огре	Лиелпечи	1 610	1,70	238
6	Л. Югла	Заки	634	1,60	88
7	М. Югла	Старини	492	1,10	47
8	Миса	Лиелвейсы	702	0,69	42
9	Иецава	Дупши	530	1,06	48
10	Свете	Узини	620	0,50	28
11	Вента (участок Скрунда — Абава)	Абава	3 460	2,56*	760
12	Барта (участок Скуодас — Дукупь)	Дукупь	1 138	1,77*	174
13	Ирбе	Вичаки	1 920	1,25	240
14	Даугава (участок Дзелзлеяс — Даугавпилс без уже приведенных частей бассейнов Дубны и Айвиекте)	Дзелзлеяс	7 600	1,76**	
15	Даугава (районы X и XI без частей бассейна рек Огре, Л. Югла и М. Югла)	Даугавпилс и Саласпилс	3 300***		
16	Лиелупе (латвийская часть бассейна без уже приведенных частей бассейна рек Миса, Иецава и Свете)		6 550	1,00****	556
17	Великая (латвийская часть бассейна)		1 950	1,20****	202
18	Остальная часть территории Латвийской ССР	В основном вдоль мор- ского побережья	17 950	1,00***	1 500
	Всего . . . . .		64 500	—	8 254

\* Средневзвешенное по участку значение модуля

\*\* Средневзвешенное по участку значение модуля, по данным 1951—1959 гг

\*\*\* Модуль оценен путем сравнения с предыдущим участком

\*\*\*\* Модуль оценен по аналогии и с учетом гидрогеологической и гидрогеологической обстановок

(1960, 1963), оценка естественных ресурсов артезианских вод — по методике, предлагаемой авторами.

Расчетление гидрографов рек для большей части наиболее важных 37 створов было произведено сотрудниками ГГИ совместно с кафедрой гидрогеологии МГУ и любезно предоставлено в распоряжение авторов настоящей работы. Используются данные по 49 вододерным створам.

Приход и расход «глубоких» артезианских вод подсчитаны гидродинамическим методом с использованием водно-балансовых расчетов для контроля и сравнения. Совпадение результатов, полученных различными методами, можно считать удовлетворительным.

Суммарно естественные ресурсы пресных подземных вод по республике равны 13 000 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ , или 150  $\text{м}^3/\text{сек}$ . Модуль естественных ресурсов по отдельным районам меняется от 0,5 до 3,8  $\text{л}/\text{сек}$  с 1  $\text{км}^2$ , составляя в среднем 2,3  $\text{л}/\text{сек}$  с 1  $\text{км}^2$ . Максимальное значение установлено для I расчетного района (Восточно-Латвийская возвышенность), минимальное — для XIV (Приморская низменность в районе Слока — Кемери — Апшуйемс).

Суммарно естественные ресурсы пресных артезианских вод составляют 8058 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ , их модуль от 0 до 3, в среднем 1,44  $\text{л}/\text{сек}$  с 1  $\text{км}^2$ , или почти 62% от общего инфильтрационного питания подземных вод. Максимальное значение модуля отмечено для V расчетного района (Северо-Видземское поднятие), минимальное — для VIII и XIV районов (Приморская низменность).

Подсчитанный суммарный расход «глубоких» артезианских вод составляет 1620 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ , в том числе: 1) по швентойско-тартускому комплексу 494 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ; 2) по бургеско-саргаевскому 585 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$  и 3) по карбоново-елецкому 242 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ . По основным областям питания наибольшие расходы (в тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ) характерны для районов: I (4825); IV (335,1); XVI (249,0); XVII (118,6); V (111,9); XV (87,2), и III (63,1).

Как видно, естественные ресурсы пресных подземных вод в Латвийской ССР весьма значительны. Потребляемое количество подземных вод составляет 440 тыс.  $\text{м}^3/\text{сутки}$ , или примерно 3,4% от естественных ресурсов. Следовательно, по территории в целом вполне допустимо увеличение размеров потребления подземных вод.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В Латвии мощные осадочные толщи, содержащие подземные воды, претерпели длительную и сложную историю, на протяжении которой неоднократно изменялись геоструктурные, физико-географические и палеогидрогеологические условия, сыгравшие существенную роль в формировании горизонтов и комплексов подземных вод, их количества и химического состава. На современном этапе палеогидрогеологического развития имеются водоносные горизонты и комплексы пресных, солоноватых и соленых вод и рассолов.

Для каждого водоносного комплекса построены схематические карты гидроизопьез. Основные из них показаны на сводной гидрогеологической карте. В водоносных горизонтах и комплексах установлено наличие потока вод, движущихся в общем в направлении от областей современной инфильтрации и создания напора к областям местной и региональной разгрузки.

В водоносных толщах, развитых в Польско-Литовском и Латвийском артезианских бассейнах, по мощности и характеру гидравлической связи с выше- и нижележащими комплексами и горизонтами, а следовательно, по степени обособленности гидродинамических и гидрохимических режимов выделяются три водоносных этажа.

При выделении водоносных этажей за основу были приняты гидродинамические и гидрохимические особенности подземных вод и мощные региональные водоупорные толщи мергелисто-глинистых пород, развитых на всей территории.

Региональными водоупорами, четко выделяемыми на геологических разрезах, являются наровская водоупорная толща среднего девона ( $D_2nr$ ) мощностью от 66 до 166 м, карбонатно-мергелистые толщи силура (S) мощностью около 650 м и ордовика (O) мощностью 150—230 м.

Почти повсеместно в Латвии распространен водоносный комплекс, заключенный в четвертичных отложениях, весьма изменчивых по мощности и литологическому составу. Этот комплекс содержит значительные запасы качественных пресных грунтовых вод, которые используются для снабжения Риги, Даугавпилса, Вентспилса и других крупных городов, а также совхозов, колхозов и отдельных предприятий в районах. Воды этого комплекса обычно гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, минерализация от 0,2 до 0,8 г/л, в среднем 0,3—0,5 г/л.

В первом от поверхности земли водоносном этаже водоносные толщи, развитые в Польско-Литовском и Латвийском бассейнах, отличаются разнообразием свойств. Мощность этого этажа весьма непостоянна и колеблется от 100 м в северо-восточной части Латвии (скв. 104) до 580 м в ее юго-западной части (скв. 53).

В Польско-Литовском бассейне в состав первого этажа входят юрский ( $J_{3+2}$ ) горизонт с водами спорадического распространения, нижнетриасовая ( $T_1$ ) водоупорная толща, верхнепермский ( $P_2$ ) водоносный горизонт, нижнекаменноугольный ( $C_1$ ) и фаменский ( $D_3fm$ ) водоносные комплексы, чимаевский ( $D_3\check{c}m$ ) водоупорный горизонт, амулско-саргаевский ( $D_3am-sr$ ) и швентойско-тартуский ( $D_3\check{s}v + D_2tr$ ) водоносные комплексы. Последний распространен в обоих бассейнах.

В юго-западной части Латвии в районе развития нижнетриасового водоупора залегающие выше его юрские и четвертичные водоносные породы и нижележащие верхнепермские и нижнекаменноугольные водоносные толщи достаточно хорошо изолированы друг от друга. В фаменском водоносном комплексе в районе городов Добеле и Елгава, наоборот, наблюдается повышение минерализации вод до 1,6 г/л за счет сульфатных вод, поступающих из нижележащего амулско-саргаевского водоносного комплекса. Очевидно, в указанном районе чимаевский водоупор не является надежным. Поэтому при выделении водоносных этажей на территории Латвии были приняты только мощные региональные водонепроницаемые толщи, не учитывалась водоупорная толща нижнего триаса и чимаевский водоупорный горизонт ( $D_3\check{c}m$ ) из-за ограниченной площади их развития (только в юго-западной части республики).

В Польско-Литовском артезианском бассейне у границ юго-западной части Латвии развиты отложения мезозоя и более молодые отложения палеозоя; с последними связаны водоносные горизонты и комплексы, среди которых заслуживают внимания верхнепермский водоносный горизонт и нижнекаменноугольный водоносный комплекс. Верхнепермский водоносный горизонт, сложенный карбонатными породами (мощностью от 5 до 35 м), содержит напорные пресные воды гидрокарбонатно-кальциевого типа, минерализация 0,2—0,4 г/л, средний удельный дебит 4,2 л/сек. При разработке месторождений цементного сырья, приуроченных к верхнепермским отложениям, в колодцах, питающихся водами этого горизонта, воды не стало (Салдусский район, Сатинское месторождение известняков). В нижнекаменноугольном водоносном комплексе водовмещающими являются песчаники, алевролиты и карбонатные породы; мощность их колеблется от 5 до 142 м. Этот комплекс содержит напорные пресные гидрокарбонатно-кальциево-магниевого воды; минерализация 0,2—0,5 г/л; удельный дебит 0,1—3 л/сек. Воды используются для снабжения юго-западной части Латвии, но в достаточной степени еще не изучены.

Водоносные комплексы и горизонты девона широко развиты на территории республики и являются главными источниками водоснабжения. В Польско-Литовском артезианском бассейне они начинаются фаменским водоносным комплексом, распространенным в юго-западной части

Латвии. В нем объединяются данковский, лебедянский и елецкий стратиграфические горизонты; общая мощность карбонатных и песчано-глинистых пород 100—115 м. От залегающих ниже водоносных пород он изолирован чимаевским водоупором.

Воды фаменского водоносного комплекса пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого; минерализация 0,3—0,8 г/л. В низах комплекса к югу от городов Добеле и Елгава воды обладают повышенной минерализацией вследствие подтока сульфатных вод с нижележащих загипсованных слоев, так как в этих районах чимаевские отложения не выдержаны. В районе г. Лиепая воды комплекса (калседско-жагарские слои) загрязняются поступающими солеными морскими водами.

Водоносные отложения франского яруса распространены по всей Западной Латвии, за исключением северной части Курземского полуострова. Верхняя часть франского яруса, представленная мощной карбонатной пачкой весьма изменчивого литолого-фациального состава, расчленена на амулский, ловатский, памушский, бургеский, семилукский и саргаевский стратиграфические горизонты; по гидрогеологическим особенностям и вследствие малой изученности в пределах данного артезианского бассейна они объединены в амулско-саргаевский водоносный комплекс верхнего девона с водами спорадического распространения. Мощность вмещающих пород комплекса увеличивается с севера на юг от нескольких метров до 110 м. Воды напорные, чаще сульфатно-кальциевого и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевого; минерализация 0,5—3 г/л, наиболее низкой минерализацией отличаются воды памушского горизонта.

Наиболее широко распространены в Латвии мощные водосодержащие толщи песчано-глинистых пород нижней части франского яруса (швентойский горизонт) и верхней части живетского яруса (тартуский горизонт), объединенные в швентойско-тартуский водоносный комплекс. В Польско-Литовском бассейне этот комплекс содержит напорные пресные воды (дебит от 2 до 20 л/сек), главным образом гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, кроме того присутствуют сульфатно-кальциевого, хлоридно-сульфатно-кальциево-магниевого и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевого воды. Минерализация в основном 0,3—0,4 г/л; в районе Западно- и Восточно-Курземских возвышенностей она увеличивается до 0,7—1,2—3 г/л вследствие перетекания сульфатных вод из вышележащего амулско-саргаевского водоносного комплекса. В районе Рижского взморья минерализация увеличивается до 0,9—2 г/л за счет подтока хлоридно-натриевых вод, очевидно, по тектоническим трещинам и зонам нарушения с нижележащего донаровского водоносного комплекса.

В Латвийском артезианском бассейне первый водоносный этаж содержит памушский ( $D_{3pm}$ ), бургеско-семилукский ( $D_{3br}+sm$ ) и саргаевский ( $D_{3sr}$ ) водоносные горизонты, бургеско-саргаевский ( $D_{3br}+sr$ ) и швентойско-тартуский ( $D_{3\check{v}}+D_{2tr}$ ) водоносные комплексы.

Памушский водоносный горизонт, развитый в центральной части бассейна, отличается непостоянством литологического состава и водообильности; в восточной части бассейна он является водоупором (отдельные участки Центрально-Видземской возвышенности). Водообильность 0,03—0,3 л/сек, в отдельных случаях 1,2—1,4 л/сек. Воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, минерализация 0,3—0,4 г/л; в северной и северо-восточной частях бассейна минерализация увеличивается вследствие подтока сульфатных вод из саргаевского горизонта.

Бургеско-семилукский водоносный горизонт приурочен к центральной части Латвийской седловины, мощность его 12—15 м, воды напор-

ные (от 0,1 до 20 л/сек), гидрокарбонатно-кальцево-магниевого, минерализация 0,3—0,5 г/л.

Саргаевский водоносный горизонт занимает значительные площади в Латвийском артезианском бассейне. Мощность водовмещающих пород колеблется от 29 до 46 м. Воды напорные, за исключением участков, где они выходят на поверхность (обычно это долины рек). Удельный дебит 0,3 л/сек, в южной и восточной частях бассейна он увеличивается до 1,4 л/сек, а в районе населенных пунктов Малпилс и Юдажи до 13 л/сек. Воды нижней части горизонта пресные, гидрокарбонатно-кальцевые; минерализация 0,2—0,6 г/л, в верхней части на отдельных участках сульфатно-кальцевые, минерализация повышена до 2,6 г/л (Зуши, Малпилс).

Бургеско-саргаевский водоносный комплекс распространен в центральной и юго-восточной частях бассейна; мощность его 50—80 м; удельный дебит от 0,3 до 30 л/сек; минерализация вод 0,3—0,8 г/л. Воды гидрокарбонатно-кальцево-магниевого, значительно реже гидрокарбонатно-сульфатные.

На схематической гидрогеологической карте дочетвертичных отложений Латвийской ССР горизонты и комплекс показаны в гидроизопьезах как основной единый бургеско-саргаевский водоносный комплекс, первый от поверхности земли в Латвийском артезианском бассейне.

Швентойско-тартуский водоносный комплекс развит по всей площади Латвийского бассейна, в северной и южной частях Латвии он фиксируется буровыми скважинами на субчетвертичной поверхности и прослеживается в обнажениях по долинам рек; мощность его от 35 м в северо-восточной части Латвии до 350 м в районе Центрально-Видземской возвышенности. Комплекс содержит напорные пресные воды, в основном гидрокарбонатно-кальцево-магниевого, минерализация обычно 0,3—0,7 г/л, дебиты скважин 2—8 л/сек и более.

В северо-восточной части бассейна мощность первого этажа резко уменьшается (до 100 м) и в гидрогеологическом разрезе наблюдаются только четвертичный и швентойско-тартуский водоносные комплексы.

Первый от поверхности земли водоносный этаж отличается разнообразием химического состава пресных подземных вод зоны «А», причем в нем первая гидрохимическая зона условно совмещается с первой гидродинамической зоной — зоной интенсивного водообмена, где движение подземных вод осуществляется путем свободного гравитационного просачивания или инфильтрации в направлении сверху вниз и на глубине подчиняется основным законам гидродинамики, т. е. идет от областей питания к областям разгрузки, что в значительной степени зависит от развития речной сети, древних и современных эрозионных врезов и местного базиса стока, равного нулю или в данном случае уровню Балтийского моря. Таким образом, в Польско-Литовском артезианском бассейне в первом водоносном этаже поток подземных вод в общих чертах движется от Курземских возвышенностей (Западной, Восточной и Северной) по направлению к гидрографической сети и местам региональной разгрузки — Балтийскому морю и Рижскому заливу. В Латвийском бассейне областью современной инфильтрации и создания напора являются Северо-Видземское поднятие, Центрально- и Восточно-Видземские возвышенности, Восточно-Латвийская возвышенность, Лубанская аккумулятивная равнина и Аугшземская возвышенность, а поток и разгрузка идет в сторону рек Даугава, Гауя, Айвиексте, Великая, Псковского озера и Рижского залива.

Во втором от поверхности земли водоносном этаже размещается один донаровский ( $D_{2pr} + D_{1st}$ ) водоносный комплекс, распространенный в обоих бассейнах. Кровлей его служит региональный наровский

( $D_{2nr}$ ) водоупор, а водоупорным ложем — мощные карбонатно-мергелистые толщи силура и ордовика.

Донаровский водоносный комплекс вскрыт сравнительно небольшим количеством скважин, однако их данные позволяют полагать, что мощность водосодержащих пород комплекса в пределах республики сравнительно одинакова (200—210 м), за исключением ее северо-восточной части (район Стренчи и севернее), где мощность уменьшается до 80—75 м и менее вследствие выпадения из разреза Стонишкяйской свиты ( $D_{1st}$ ).

Второй водоносный этаж условно совпадает со второй гидрохимической зоной «Б» и гидродинамической зоной затрудненного водообмена. Подземные воды хлоридно-натриевые с различной степенью минерализации (от 1 до 10 г/л и более) и только в северо-восточной (скв. 101) и в юго-восточной частях Латвии (район г. Даугавпилса) отмечены гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые воды с минерализацией от 0,4 до 1,0 г/л. Как правило, минерализация подземных вод второго этажа с глубиной залегания кровли (от 300 м и глубже) увеличивается. Минерализация зависит также от структурных особенностей. Так, в районе Даугавпилса наличие пресных вод в этом этаже обусловлено выступом Белорусско-Литовского фундамента, а на северо-востоке Латвии — Валмиерско-Локновским поднятием, а также тем, что вблизи границ с Белоруссией, Литвой и Эстонией донаровский водоносный комплекс залегает неглубоко от поверхности земли и довольно интенсивно промывается инфильтрационными пресными водами. Кроме того, в районе Стренчи в разрезе резко уменьшается мощность отложений нижнего палеозоя, которые к тому же осложнены тектоническими нарушениями, что способствует интенсивному перетеканию сильноминерализованных вод кембрия в донаровский комплекс.

Главными областями питания этого этажа являются северные склоны Литовского выступа фундамента и возвышенности, расположенные на юго-востоке.

Направление потока подземных вод второго этажа, очевидно, связано с глубинами, расположенными ниже уровня современных и древних эрозионных врезов, достигающих максимальных глубин Балтийского моря (455—459 м у о-ва Готланд), с пониженными участками Балтийской синеклизы и Латвийской седловины, а также тектоническими нарушениями и трещинами перетекания в вышележащие горизонты верхнего этажа и нижележащие третьего этажа.

Третий водоносный этаж охватывает пакеортско-тискреский ( $O_1pk + Cm_2ts$ ) водоносный горизонт, нижнекембрийский ( $Cm_1$ ) и вендский (V) комплексы. По минерализации совпадает с третьей гидрохимической зоной «В» — соленых вод и рассолов — и гидродинамической зоной весьма затрудненного водообмена. Этот водоносный этаж изучен недостаточно (по единичным скважинам), мощность водоносной толщи 75—100 м в обоих бассейнах.

Областью питания третьего этажа, очевидно, являются повышенные участки положительных структур фундамента и тектонические трещины, в которых происходит обратная циркуляция вод; с верхних этажей поступают пресные воды (Локновское поднятие), а вверх перетекают минерализованные (разгрузка). Движение подземного потока направлено в пониженные участки — впадины Балтийского моря и Балтийской синеклизы.

В Польско-Литовском и Латвийском бассейнах напоры во всех горизонтах и комплексах увеличиваются пропорционально росту глубин залегания того или иного водоносного комплекса, а также в зависимости от структурных особенностей бассейна и пластового давления,

что прослеживается на гидрогеологических разрезах к карте по скв. 49 (Блидене) и 47 (Ремте). Влияние структурного поднятия Мынисте, осложненного тектоническими нарушениями, сказалось в больших напорах подземных вод донаровского водоносного комплекса (только пярнуский горизонт) и водоносных толщ нижнего палеозоя (тискреский горизонт) — скважина в Стренчи. В этом случае имеет место восходящая миграция кембрийских рассолов в вышележащие горизонты.

На основе фактических гидрохимических материалов на схематических картах показаны изменения минерализации вод в различных водоносных комплексах по площади и на глубину.

Для всех водоносных комплексов довольно четко проявляется общность закономерности изменения химического состава и минерализации на глубину и в направлении движения подземных вод от областей питания к местам разгрузки. На большей части Латвии в обоих бассейнах увеличивается минерализация с глубиной. Однако наблюдаются и отклонения от этой закономерности. Так, в швентойско-тартуском водоносном комплексе, содержащем в основном пресные воды с минерализацией 0,5 г/л, в более погруженной части Польско-Литовского бассейна фиксируется довольно мощная аномалия гидрокарбонатно-сульфатно-кольцево-магниевого вод с минерализацией до 3 г/л, а с глубиной состав вод изменяется на хлоридно-сульфатно-кальцево-магниевый. Причиной такого явления, очевидно, являются тектонические нарушения, через которые напорные соленые воды донаровского горизонта проникают в швентойско-тартуский комплекс. Сульфатные воды перетекают из вышележащего саргаевского водоносного горизонта.

Изучение гидрохимических и гидродинамических условий обоих бассейнов с привлечением палеогидрогеологического анализа показало, что гидродинамическая и гидрохимическая обстановка в историческом развитии в какой-то степени близка к современной и оказала существенное влияние на формирование в этих бассейнах вод различных по составу и минерализации.

Платформенные условия Латвии, очевидно, установились в конце среднего и начале позднего протерозоя. В это время поверхность земли на территории Латвии находилась в континентальных условиях. Кристаллические породы архея и протерозоя подвергались денудации и образованию на кристаллических породах коры выветривания мощностью от 0,5 до 6 м и более. При этом в трещинах пород и в коре выветривания скапливались инфильтрационные пресные воды, которые впоследствии вытеснялись и обогащались морскими водами.

В валдайское время со стороны Московской синеклизы началась трансгрессия сравнительно неглубокого моря, охватившего Восточную Латвию и северную часть Западной. Воды этого морского бассейна в период накопления осадков, очевидно, имели нормальную соленость и в первоначальной стадии заполнили вендский водоносный комплекс. В то же время в результате колебательных движений земной коры происходило образование на северо-востоке Латвии Валмиерско-Локновского поднятия, а на юго-востоке Белорусско-Литовского выступа фундамента.

В нижнем и среднем кембрии воды нормально соленого моря покрыли почти всю территорию Латвии; шло накопление песчаников, глин и алевролитов, в которых сохранялись морские воды.

Отложения тискреской эпохи закончились продолжительным региональным подъемом всей территории Прибалтики. Мощные отложения алевролитов и глин лонтоваского времени (водоупорные породы) создали условия затрудненного питания нижележащих слоев седиментационных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков. Питание



их происходило, по-видимому, путем боковой инфильтрации по периферии контура распространения нижнекембрийских отложений.

Вендский водоносный комплекс в результате прогибания суши оказался в таких геоструктурных условиях, что повсеместно содержал напорные соленые седиментационные воды хлоридно-кальциево-натриевого и хлоридно-натриевого типа. Пресные воды располагались в верхних осадочных толщах суши и питание их осуществлялось главным образом за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Новое региональное погружение территории Латвии начинается в нижнем ордовике (пакерортское время). Территория покрывается неглубоким морем. Условия накопления осадков почти аналогичные существовавшим в тискреское время, за исключением Северо-Восточной (Валмиерско-Локновское поднятие) и Юго-Восточной (Литовско-Белорусский выступ фундамента) Латвии, где продолжались восходящие движения земной коры.

Начиная с лээтсеского времени, в продолжении всего ордовика до половины верхнего лудлова верхнего силура территория Латвии была покрыта нормальным морским бассейном, в котором накапливались мощные толщи глинисто-мергелистых карбонатных пород.

В конце силура Латвия снова стала сушей. В это время наиболее водообильными, очевидно, были вендский водоносный комплекс и пакерортско-тискреский водоносный горизонт. В западной части Латвии более погруженной, чем восточная, эти водоносные комплексы и горизонты залегали на больших глубинах под мощными водоупорными толщами ордовика и силура (около 600 м), находились в условиях затрудненного водообмена и содержали воды повышенной минерализации (рассолы), по-видимому, хлоридно-кальциево-натриевые. Пресные инфильтрационные воды могли поступать в них только с севера и северо-востока, где аналогичные водоносные комплексы и горизонты были промыты.

В северо-восточной части Латвии мощности отложений ордовика и силура сокращены, вследствие этого они располагаются несколько выше гипсометрически в сфере влияния верхней зоны свободного водообмена, где морские воды были частично, а на некоторых участках почти полностью заменены пресными инфильтрационными водами. В более погруженной части Латвийской седловины, южнее Валмиерско-Локновского выступа фундамента, воды были предположительно солоноватыми гидрокарбонатно-кальциевого или гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типа.

Девонский период геологического развития отличается мощным накоплением осадков (до 790 м, Эзере). Региональное погружение территории начинается в нижнем девоне. Сначала погружается западная часть Латвии, северная часть Балтийской синеклизы; в начале среднего девона погружение захватывает центральную часть Латвийской седловины. Отлагаются песчаники, глины, алевроиты стонишкяйской и кемерской свит и пярнуского горизонта, водосодержащие породы которых образуют донаровский водоносный комплекс. По-видимому, эти отложения формировались главным образом в бассейне с пресными водами и значительно реже с солоноватыми в основном гидрокарбонатно-кальциевого типа.

С наступлением наровского времени режим бассейна изменяется, повышается его соленость, накапливаются осадки доломитовых мергелей с прослоями и линзами гипсов.

Во второй половине живетской и первой половине франской эпох на территории Латвии в прибрежных условиях опресненного бассейна отлагались терригенные осадки тартуского и швентойского горизонтов.

В верхнем девоне с середины франского времени в результате восточной трансгрессии территория Латвии была занята мелководным повышенным соленым морем и лагунами, где накапливались карбонатные осадки саргаевского, семилукского и бургского горизонтов; в памушское время море еще более мелководнее, в прибрежных и лагунных условиях накапливаются алевролитно-глинисто-мергельные осадки с прослоями гипса, в восточной части они более песчаные.

В фаменском веке осадконакопление происходило только в Юго-Западной Латвии. В изменчивых условиях мелководного морского бассейна отлагались карбонатные породы, а в прибрежной части его и лагунах — песчано-глинистые. В конце этого века площадь бассейна осадконакопления сократилась еще значительно. Территории, ставшие сушей, подверглись процессам инфильтрации атмосферных вод, вытеснения минерализованных вод пресными.

Аналогичные условия осадконакопления отмечаются и в нижнекаменноугольной эпохе. В конце верхнедевонского и нижнекаменноугольного времени на всей территории Латвии наступил континентальный период.

Воды пород девона в местах глубокого залегания в условиях затрудненного водообмена преимущественно донаровского времени обладали повышенной минерализацией хлоридно-кальцево-натриевого типа.

Горизонты седиментационных вод девона, выходящие на поверхность, промывались и в них происходило замещение соленых вод пресными инфильтрационными.

В последующее время континентальные условия сохранились на большей части территории Латвии, за исключением юго-западной, где распространены отложения перми, триаса и юры. Эти породы на территории Латвии отлагались в сравнительно небольших бассейнах и только на самом юго-западе. Таким образом, до начала четвертичного периода в Латвии были континентальные условия.

В течение четвертичного периода вся территория Латвии подвергалась неоднократным оледенениям. В этот период весьма длительного континентального режима происходит формирование подземных вод, идут процессы интенсивного промыва верхней зоны осадочной толщи мощностью до 100—580 м и формирование вод гидрокарбонатно-кальцевого и сульфатно-кальцевого состава.

Условия формирования ресурсов и химического состава подземных вод тесно связаны с их питанием и разгрузкой. Питание подземных вод в современных условиях происходит на местных возвышенностях, что довольно хорошо прослеживается по выпуклой форме пьезометрической поверхности подземных вод, падению напоров от верхних горизонтов к нижним и уменьшению водообильности горизонтов в том же направлении. Области разгрузки подземных вод, наоборот, характеризуются вогнутой пьезометрической поверхностью, увеличением напоров подземных вод от верхних горизонтов к нижним и зачастую соответственным увеличением водообильности.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Латвийская ССР входит в состав сложного Прибалтийского артезианского бассейна. В структурном отношении территория ее занимает южный склон Балтийского щита, северо-западный склон Белорусско-Литовского выступа фундамента и соединяющую их Латвийскую седловину. С запада к этим структурам примыкает Балтийская синеклиза. Структурные элементы по фундаменту перекрыты мощными карбонатными и терригенными отложениями мезозоя и кайнозоя.

Развитые на территории Латвии крупные геологические структуры имеют существенное значение для формирования подземных вод, особенно наиболее глубоко залегающих водоносных горизонтов и комплексов, так как в рельефе фундамента они проявляются в виде крупных поднятий (Валмиерско-Локновское или Белорусско-Литовский выступ фундамента), образуя своеобразные водоразделы и впадины, способствующие подземному стоку.

В зависимости от тектонического строения и истории геологического развития той или иной части территории в осадочных отложениях распространены те или иные водоносные комплексы и горизонты, развитые в артезианских бассейнах и гидрогеологических районах, выделяемых в Латвии.

Новые данные опорного и структурного бурения вместе с геофизическими исследованиями уточнили представления о залегании и строении осадочного чехла и складчатого основания, гидрогеологической и гидрохимической зональности подземных вод. Все это позволило в какой-то степени определить структурный план территории и границы гидрогеологических районов.

В соответствии с общепринятым принципом гидрогеологического районирования, рекомендованным ВСЕГИНГЕО, границы гидрогеологических районов первого порядка выделяются по геоструктурам и проведены по карте структурных тектонических элементов Прибалтики, составленной Е. Н. Спрингис, А. П. Индан и М. И. Ковалевским (1963 г.). Согласно последней выделяются Польско-Литовский и Латвийский артезианские бассейны первого порядка. При выделении районов второго порядка также был принят геоструктурный принцип с учетом гидродинамических и гидрохимических условий района. Наименование районов второго порядка принято по геоструктурам.

Гидрогеологические районы третьего порядка и подрайоны выделяются по гидродинамическим условиям верхней зоны интенсивного водообмена, охватывающей первые от поверхности земли горизонты и комплексы подземных вод. Эти условия определяются: 1) дренирующим влиянием крупных рек (Даугава, Гауя, Лиелупе, Вента и др.), долины которых глубоко врезаются в толщу дочетвертичных пород; 2) качественными и количественными показателями водоносных горизонтов (с точки зрения их практического использования); 3) геоморфологическим положением.

На западе Латвии располагается северная часть Польско-Литовского бассейна, приуроченного к Балтийской синеклизе. Его площадь в пределах Европейской части СССР около 64 тыс. км<sup>2</sup>, она охватывает также западную часть Литовской ССР и Калининградскую область.

Латвийский бассейн расположен в пределах южного склона Балтийского кристаллического щита, Латвийской седловины и северного склона Белорусско-Литовского выступа фундамента, его площадь около 16 тыс. км<sup>2</sup>. Перечисленные структурные элементы образуют единый природный резервуар, в котором происходило и происходит формирование подземных вод в условиях, отличных от существующих на соседних территориях, расположенных западнее и восточнее. В административном отношении сюда входят южные окраины Эстонской ССР (в Эстонии эта часть бассейна относится к гидрогеологическому району второго порядка), восточная часть Латвийской ССР и северо-восточная Литовской ССР, а также части смежных с ними областей: Псковской, Великолукской, Витебской, Минской и Молодеченской.

Северная и южная границы бассейна проводятся по намечаемому на поверхности контакту палеозойских отложений с фундаментом. Проведение западной и восточной границ бассейна вызывает некоторые за-

труднения вследствие недостаточной изученности этих районов. Граница между Московским и Латвийским артезианскими бассейнами проводится по окраине Валдайской возвышенности.

В этом районе орографический водораздел совпадает с подземным, так как здесь прослеживается резкий тектонический Оршанско-Крестцовский прогиб, отделяющий Латвийскую седловину от Московской синеклизы. Граница между Польско-Литовским и Латвийским артезианскими бассейнами проводится по изолинии кровли фундамента — 1000 м.

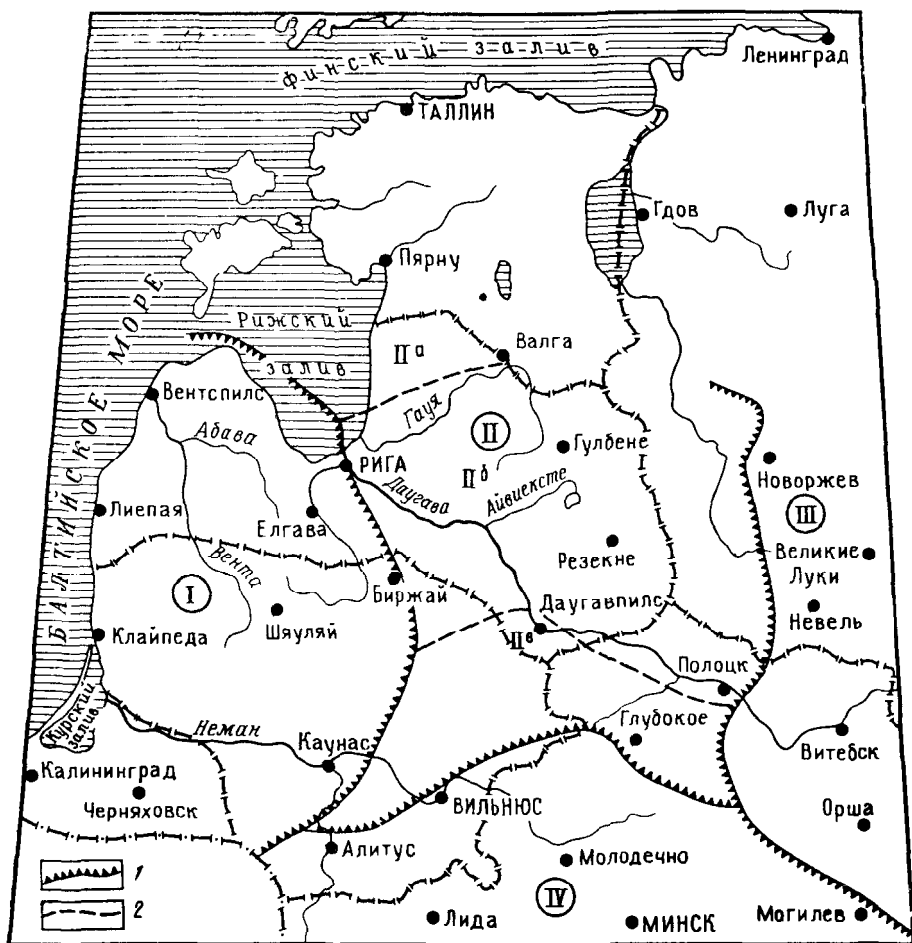


Рис. 24. Схема гидрогеологического районирования Прибалтики.

1 — границы гидрогеологических районов первого порядка — артезианских бассейнов (I — Польско-Литовский; II — Латвийский; III — Московский; IV — Белорусско-Литовский массивы); 2 — границы гидрогеологических районов второго порядка (в пределах Латвийской ССР)

Таким образом, территория Латвийской ССР расположена в пределах двух артезианских бассейнов: восточная ее часть занимает центральную часть Латвийского бассейна, а западная — северо-восточную часть Польско-Литовского бассейна. На рис. 24 показана граница этих артезианских бассейнов и границы гидрогеологических районов второго порядка.

Латвийский и Польско-Литовский артезианские бассейны состоят из трех водоносных этажей. Максимальная мощность слагающего их чехла

соответственно 1000 м и более 1800 м. Водоносные этажи представлены нормально слоистыми, слабодислоцированными породами различного генезиса. Подземные воды поровые, трещиноватые и карстовые. Фундамент бассейна образован метаморфизованными и дислоцированными кристаллическими породами (мигматизированные гранито-гнейсы, гнейсы и граниты). Эти породы перекрыты корой выветривания мощностью 0,4—6 м и содержат трещинно-жильные воды. В региональном плане подземные воды, залегающие в толще пород чехла, образуют систему в разной мере гидравлически взаимосвязанных водоносных комплексов или горизонтов.

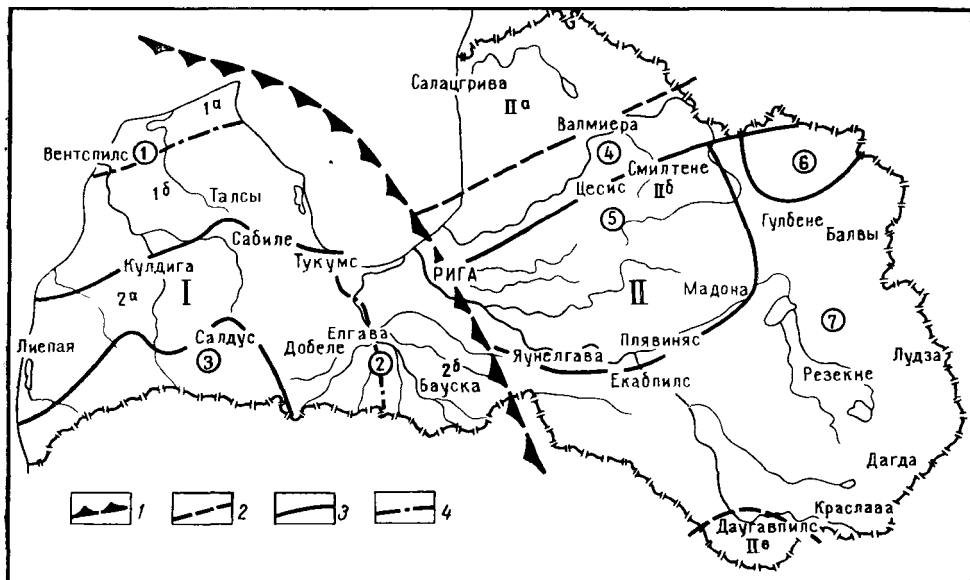


Рис. 25 Схема гидрогеологического районирования.

1 — границы гидрогеологических районов (артезианских бассейнов) первого порядка; 2 — границы гидрогеологических районов второго порядка; 3 — границы гидрогеологических районов третьего порядка; 4 — границы гидрогеологических подрайонов; I, II — гидрогеологические районы первого порядка — артезианские бассейны, II, а, б, в — гидрогеологические районы второго порядка; цифры в кружках — гидрогеологические районы третьего порядка; 1, а, б — 2, а, б — гидрогеологические подрайоны

В Латвийском бассейне чехол складывается палеозойскими и кайнозойскими отложениями, а в Польско-Литовском бассейне принимают участие и мезозойские отложения.

Поверхностный и подземный сток в Латвийском бассейне направлен в сторону Балтийского моря, частично загрузка происходит в Рижский залив, а в Польско-Литовском — в основном в сторону Балтийского моря и в меньшей мере Рижского залива.

Естественный дренаж подземных вод зоны интенсивного водообмена осуществляется долинами наиболее крупных рек (Даугава, Гауя, Вента и др.), причем в центральной части Латвийского бассейна глубина эрозионного вреза речных долин колеблется в пределах 60—100 м и является более значительной, чем в Польско-Литовском бассейне. Это обуславливает более интенсивный и глубокий водообмен в водоносных комплексах и горизонтах верхней части разреза бассейна.

В Латвийском бассейне водоносные горизонты зоны интенсивного водообмена отличаются широким распространением пресных гидрокарбонатно-кальциево-магниевого вод. В Польско-Литовском бассейне кроме

гидрокарбонатных вод развиты сульфатно-кальциевые и воды смешанного типа. На юго-западе Латвии в зоне пресных вод встречаются сульфатные воды. Они связаны с гипсоносными отложениями. В результате под пресными гидрокарбонатными водами на этих участках появляются минерализованные сульфатные воды, которые сменяются книзу пресными водами.

Области питания водоносных горизонтов зоны интенсивного водообмена располагаются в районе местных возвышенностей, развитых в Латвийском и Польско-Литовском бассейнах, и на участках неглубокого их залегания.

С историей гидрогеологического развития двух бассейнов связаны особенности гидрохимического состава и динамики не только пресных вод, но и вод зоны затрудненного водообмена. Так, в Латвийском бассейне не получили распространения сульфатные воды. Содержание сульфат-иона (донаровский водоносный комплекс) здесь вдвое меньше, чем в том же водоносном комплексе Польско-Литовского бассейна.

Воды зоны весьма затрудненного водообмена также имеют отличительные черты. Так, в Польско-Литовском бассейне вскрыты рассолы более высокой минерализации, более метаморфизованные и с большим содержанием иона хлора и брома, чем в Латвийском бассейне. Описываемые бассейны существенно отличаются друг от друга и по геотермическим условиям (Лавринович, 1962). Температура подземных вод зоны весьма затрудненного водообмена в Латвийском бассейне  $17^{\circ}\text{C}$ , а в Польско-Литовском около  $30^{\circ}\text{C}$ .

В Польско-Литовском бассейне (на территории Латвии) на современной стадии изученности выделяются (рис. 25) районы третьего порядка (районов второго порядка нет):

Северо-Западный с подрайонами Вентспилским и Талсинским.

Центральный район запада Латвии с подрайонами Лиепайским и Елгавским.

Юго-Западный.

В Латвийском артезианском бассейне по геоструктурным особенностям выделяются три гидрогеологических района второго порядка:

район южного склона Балтийского щита

район Латвийской седловины

район северо-западного склона Белорусско-Литовского выступа фундамента.

Район южного склона Балтийского щита занимает северную часть Латвии, куда входят Валмиерский и Валкский административные районы. Граница проходит с запада на восток, условно совпадая с южной границей склона Балтийского щита. Для района характерно отсутствие в гидрогеологическом разрезе зоны затрудненного водообмена. Зона интенсивного водообмена развита по всей территории района. В этом районе развит швентойско-тартуский водоносный комплекс, который и является главным источником водоснабжения; кроме него, используются воды донаровского комплекса. В этом районе не выделяются районы третьего порядка.

Район Латвийской седловины расположен в центральной части Восточной Латвии, занимает наиболее обширную часть территории республики и охватывает части Цесиского, Валкского, Гулбенского, Балвского, Огрского, Мадонского, Екабпилсского, Резекненского, Лудзенского и Прейльского административных районов.

Для этого района характерно развитие трех гидродинамических зон. Зона интенсивного водообмена широко распространена в пределах района Латвийской седловины. В эту зону попадают все вышележащие водоносные горизонты девона, включая швентойско-тартуский комплекс, содер-

Основные характеристики гидрогеологических районов

Гидрогеологический район				Морфологическая характеристика	Основные водоносные горизонты и комплексы, их стратиграфическая принадлежность	Глубина залегания подземных вод от поверхности земли, м	Глубина залегания кровли, м	Количественная характеристика			Водопроницаемость водоносных пластов м <sup>2</sup> /сутки	Коэффициент пьезопроницаемости «а» м <sup>2</sup> /сутки	Качество вод (формула Курлова)
первого порядка	второго порядка	третьего порядка	подрайоны					дебит л.сек удельный дебит л/сек	эксплуатационный модуль л/сек с 1 м.м <sup>2</sup>	модуль подземного стока л/сек с 1 км <sup>2</sup>			
I. Польско-Литовский бассейн		1. Северо-западный	1-а. Вентспилский	Приморская низменность	Четвертичный			0,1—0,5 1—8		—	—	—	Преимущественно гидрокарбонатно-кальцево-магнєвые с сухим остатком 0,1—0,8 г/л. Встречаются воды с повышенным содержанием Cl' SO <sub>4</sub> '' и NO <sub>2</sub> ' + KO <sub>3</sub> '' с сухим остатком > 1,0 г/л
			1-б. Талсинский	Северные окраины Западно- и Восточно-Курземской возвышенностей	Швентойско-тартуский	50—150	15—47	1—5 0,5—1,0	0,114—1,621	2,4	300—37 260	5·10 <sup>4</sup> —1·10 <sup>6</sup>	$M_{0,3-0,4} \frac{HCO_3^{88-93}}{Ca\ 48-59\ Mg\ 35-41}$
		2. Центральный (запад Латвии)	2-а. Лиепайский	Западно-Латвийская низменность, Западно-Латвийская возвышенность, Средне-Латвийская низменность	Фаменский и амулско-саргаевский	74—145	18—108	0,6—5,0 0,1—1,0	0,29—1,77	2,0—2,1	7 340—24 000	1·10 <sup>6</sup>	$M_{0,2-3} \frac{HCO_3^{92-95}}{Ca\ 52-79\ Mg\ 21-46}$
			2-б. Елгавский	Приморская низменность и Земгальская равнина	Амулско-саргаевский и швентойско-тартуский	100—150	20—76	1—10 0,03—1,0	—	—	—	—	$M_{0,7-1,5} \frac{SO_4^{26-84}\ HCO_3^{13-70}}{Ca\ 48-67\ Mg\ 38-48\ Na+K_{11-18}}$
		3. Юго-западный		Западно-Латвийская низменность, Западно-Латвийская возвышенность, Средне-Латвийская низменность	Верхнепермский нижнекаменноугольный и фаменский	30—130	29—89	1—5 0,05—1,0 реже 3—5,0	0,27—0,38	2,4—2,6	970—92 750	1·10 <sup>5</sup>	$M_{0,3-0,4} \frac{HCO_3^{87-96}}{Ca\ 47-64\ Mg\ 25-39\ Na+K_{11-18}}$
II. Латвийский	II-а. Южного склона Балтийского щита	—	—	Видземское побережье, Северо-Видземское поднятие	Швентойско-тартуский	50—150	12—46	1—10 0,1—1,0 местами более 1,0	0,70—1,98	2,90	2 862—35 125	3·10 <sup>3</sup> —1,9·10 <sup>6</sup>	$M_{0,2-0,4} \frac{HCO_3\ SO_4^{10}}{Ca\ 50-68\ Mg\ 36-42}$
	II-б. Латвийской седловины	4. Северный	—	северная часть Рижской песчаной равнины и Средне-Гауенская низменность	Швентойско-тартуский	—	—	0,5—1,0 редко 0,1—0,5	—	—	—	—	Преимущественно $M_{0,3-0,5} \frac{HCO_3\ 83-96\ Cl\ 11-12}{Ca\ 49-57\ Mg\ 29-33\ Na+K\ 11-21}$ реже встречаются $M_{0,9} \frac{SO_4\ 56\ HCO_3\ 28}{Ca\ 42\ Mg\ 54\ Na+K\ 22}$
		5. Центральный	—	Центрально-Видземская возвышенность	Памушский, бурегско-семи-лукский, бурегско-саргаевский	25—130	6—121	0,2—3 0,1—1,0	0,33—0,38	3,4	20 412—38 269	4·10 <sup>5</sup>	$M_{0,3-0,4} \frac{HCO_3\ 89-96\ Cl\ 11-12}{Ca\ 49-57\ Mg\ 29-33\ Na+K\ 11-21}$
		6. Восточный	—	Алуксненская холмистая гряда, часть Гулбенского вала	Памушский, бурегско-семи-лукский	52—117	8—56	0,8—3 0,1—0,5 местами до 1,0	0,21	3,2	15 980	4·10 <sup>5</sup>	$M_{0,3-0,6} \frac{HCO_3\ 93-99}{Ca\ 39-59\ Mg\ 33-49\ Na+K\ 12}$
		7. Юго-восточный	—	Акнистское поднятие, Средне-Даугавская равнина, Виланско-Крустпилское пологое поднятие, Лубанская равнина и Северо-Датгальское поднятие	Бурегско-семи-лукский саргаевский, реже швентойско-тартуский	25—80	11—80	1—13,0 более 1,0 местами более 5,0	0,19—0,54	3,6	14 402—67 100	4·10 <sup>5</sup>	$M_{0,3-0,4} \frac{HCO_3\ 90-96}{Ca\ 50-61\ Mg\ 30-39}$
	II-в. Северо-западного склона Белорусско-Литовского выступа фундамента	—	—	Юго-западная часть Восточно-Латвийской низменности и Латгальская возвышенность	Швентойско-тартуский	100—170	63—132	0,8—3 0,1—0,5	0,10—0,42	2,0	3 712—30 476	1,9·10 <sup>6</sup>	$M_{0,3-0,4} \frac{HCO_3\ 90-96}{Ca\ 58-66\ Mg\ 27-33\ Na+K\ 14}$

жащий гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды с минерализацией 0,2—0,5 г/л. На ограниченной площади распространены смешанные соленоватые воды хлоридного типа, формируются они в результате смешения вод донаровского комплекса в зоне их разгрузки (между устьями рек Гауи и Даугавы) с пресными водами гидрокарбонатного типа швентойско-тартуского комплекса. Зона затрудненного водообмена представлена соленоватыми водами с минерализацией до 10 г/л, здесь преобладают хлориды, в незначительных количествах отмечено наличие сульфатов, содержание которых в районе г. Плявиняс увеличивается до 31 % -экв. В зоне весьма замедленного водообмена содержатся соленые воды и рассолы хлоридно-натриевого типа.

Для района характерно значительное разнообразие форм рельефа, интенсивно расчлененных современной гидросетью и субгляциальными ложбинами, озерными впадинами и моховыми болотами. Карстовые явления широко развиты в бассейне р. Даугавы. Речная сеть прорезает толщу четвертичных отложений и врезаются в дочетвертичные породы, иногда до швентойского горизонта и интенсивно дренирует содержащиеся в них воды. Мощность четвертичных отложений изменяется от нескольких метров (Приморская низменность и Земгальская равнина) до 120 м (Центрально-Видземская возвышенность).

В районе Латвийской седловины выделяются 4 района третьего порядка: северный, центральный, восточный, юго-восточный. За основу при выделении районов третьего порядка приняты: геоморфологические особенности местности и главным образом практическое использование первого от поверхности земли основного водоносного горизонта или комплекса (иногда двух, и реже трех).

Район северо-западного склона Белорусско-Литовского выступа фундамента расположен на юго-востоке Латвии. Его граница проходит немного севернее Субате-Даугавпилс — Краслава и совпадает с границей, разделяющей Латвийскую седловину и Белорусско-Литовский выступ фундамента. Здесь также в зону интенсивного водообмена входит донаровский водоносный комплекс. Пресные воды представлены гидрокарбонатными кальциево-магниевыми и смешанными сульфатно-гидрокарбонатными водами. Последние развиты на участках, тяготеющих к долине р. Даугавы между городами Плявиняс — Даугавпилс. Воды зоны затрудненного водообмена имеют минерализацию от 3 до 10 г/л, а характерным элементом их солевого состава являются хлориды и сульфаты. В зоне весьма замедленного водообмена развиты соленые воды и рассолы хлоридно-натриевого состава.

Рельеф района характеризуется наличием слабоволнистой равнины с высотными отметками 115—125 м и пологими уваловидными поднятиями, которые сменяются в южном и юго-восточном направлениях разнообразными холмистыми формами рельефа с абс. высотами от 120 до 250 м. Рельеф осложняется субгляциальными ложбинами и современными долинами рек, а во впадинах располагаются многочисленные озера и моховые болота. В районе г. Даугавпилса распространены дюнные массивы и гряды.

Основные характеристики гидрогеологических районов приведены в табл. 19.



## Глава IV

# ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В Латвийской ССР имеются неметаллические полезные ископаемые, главным образом минеральное сырье для производства строительных материалов: доломит, известняк, гипс, глины, песок, гравий и др. Перспективные полезные ископаемые — нефть, газ и минеральные рассолы, присутствие которых подтверждено глубокими скважинами в западной части республики, пока еще в достаточной степени не изучены.

Месторождения полезных ископаемых расположены в западной части обширного Прибалтийского артезианского бассейна. Приурочены они исключительно к четвертичным отложениям и к осадочным толщам дочетвертичных пород, близко залегающих от поверхности и сравнительно легко доступных для геологических и гидрогеологических исследований.

Месторождения минерального сырья разрабатываются только карьерами, их горнотехнические и гидрогеологические условия относительно просты.

Месторождения полезных ископаемых разделяются на две группы. К первой группе относятся месторождения, связанные с четвертичными отложениями, ко второй — с дочетвертичными.

**К четвертичным отложениям** в Латвии приурочены месторождения песков, песчано-гравийно-валунных материалов и глин.

*Месторождения песков и песчано-гравийно-валунных материалов* распространены почти по всей Латвии и представлены флювиогляциальными, аллювиальными, морскими, озерными и эоловыми отложениями. С первыми тремя типами связаны наиболее крупные месторождения песчано-гравийно-валунных материалов.

В Латвии известно 24 таких месторождения с общими запасами 93 млн. м<sup>3</sup>. Все эти месторождения в той или иной степени содержат грунтовые воды. В песчано-гравийных отложениях воды безнапорные, разного дебита (0,1—36 л/сек), минерализация 0,1—0,5 г/л, жесткость 2,5—5,5 мг-экв. Воды залегают неглубоко от поверхности (0,5—6 м), коэффициент фильтрации пород 30—50 м/сутки, колебания уреза воды достаточно большие (1—2 м).

Условия разработки месторождений не требуют специальных водотливных сооружений. Для гидротехнической отработки, как наиболее прогрессивного способа, грунтовые воды являются положительным горнотехническим фактором. Ниже приводится описание одного из крупнейших разрабатываемых месторождений.

Гравийно-песчаное месторождение Гаркалне находится на левом берегу р. Гауи, в 30 км на северо-восток в переходной полосе между Рижской песчаной равниной и Средне-Латвийской покатостью; оно расположено на II и III надпойменных террасах и выходит

за пределы III террасы на территорию Средне-Латвийского локального предледникового бассейна и дельты р. Гауи. Рельеф местности спокойный, абс. отм. 13—26 м с уклоном в сторону реки. Гравийно-песчаные аллювиальные отложения месторождения представляют собой пластообразную залежь, вытянутую по направлению северо-восток — юго-запад. Протяженность залежи на разведанной площади 2,2 км, ширина 1,2 км. Мощность толщи гравийно-песчаных отложений колеблется от 2,6 до 13,9 м. Мощность вскрыши, представленной почвенным слоем и аллювиальными отложениями, от 0 до 6 м. Песчано-гравийный материал используется как заполнитель при производстве железобетонных конструкций, железобетонных и бетонных изделий и как материал для строек Риги и ее окрестностей.

Район месторождения дренируется р. Гауя. Подошва полезной толщи залегает на 1,1 м ниже уреза реки. Уровень грунтовых вод отмечается на глубине 2,1—9 м. Дебит воды 37 л/сек. Коэффициент фильтрации 43 м/сутки, радиус влияния 93 м. Разработка ведется экскаваторами одним уступом с углом откоса 45—50°. Вскрышные работы производятся бульдозерами. Воды из карьера отводятся по канавам в реку.

Местное население в районе месторождения использует эти воды для хозяйственно-питьевых нужд. Воды вкусные, пресные, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого, сухой остаток около 0,5 г/л, общая жесткость до 5 мг-экв.

Почти в аналогичных условиях отработки находятся песчано-гравийные месторождения Элерне в Даугавпилском районе, Рива-Салиене в Айзпутском районе и др.

С золотыми отложениями связаны месторождения песков, которые являются прекрасным сырьем для производства силикатного кирпича. Гидрогеологические и горнотехнические условия этих месторождений весьма простые, так как разрабатываются они только до уровня грунтовых вод.

*Месторождения глин* приурочены к лимногляциальным отложениям, широко развитым в Латвии, и используются как сырье для производства кирпича, черепицы, дренажных труб, кафеля, керамзита, керамзитового гравия, портланд-цемента.

В Латвии известно около 250 месторождений глин, связанных с четвертичными отложениями. По гидрогеологическим условиям месторождения глин отличаются друг от друга большим или меньшим притоком верховодки в карьер.

Ниже приводится описание одного из наиболее крупных месторождений глин.

*Месторождение ленточных глин* Прогресс расположено в Земгальской равнине на правом берегу р. Лиелупе, в 6 км к югу от ст. Елгава. Глины лимногляциальные ленточные мощностью от 3,5 до 8 м, покрыты мелкозернистыми пылеватыми песками мощностью от 3 до 6 м. Месторождение разрабатывается при помощи гидромеханизации и экскаватора. Грунтовые воды связаны здесь с вскрышными породами, их уровень находится на глубине 1,1—6 м. Зеркало грунтовых вод имеет естественный уклон в сторону р. Лиелупе. Часть грунтовых вод из песков, перекрывающих полезную толщу, стекает в карьер. Фактический приток воды в карьер 910 м<sup>3</sup>/сутки и удаляется из карьера в течение 6—8 часов при помощи насоса. В аналогичных условиях находятся почти все месторождения четвертичных глин.

Основным источником питания являются атмосферные осадки и количество воды, поступающей в карьер, зависит от количества выпадающих осадков. Максимум выпадающих осадков соответствует наибольшему количеству откачиваемой воды.

К дочетвертичным отложениям относятся месторождения известняков, доломитов, гипсов, глин и кварцевых песков.

Месторождения известняков приурочены к верхнепермским отложениям, развитым в юго-западной части Латвии в пределах Польско-Литовского артезианского бассейна. Известняки являются первоклассным сырьем для производства портланд-цемента, белой кальцевой извести и др.

Одно из крупнейших месторождений верхнепермских известняков Сатинское расположено на западном склоне Восточно-Курземской возвышенности. Рельеф местности слабоволнистый, колебания абс. отм. от 80 до 103 м. Общий уклон поверхности с юга на север. Месторождение сложено слоистыми известняками мощностью от 3,8 до 16,5 м.

Гидрогеологические условия месторождения обусловлены его расположением на местности. Водораздел проходит в 10—12 км южнее площади месторождения. Поверхностный сток воды направлен к Балтийскому морю, водосборной артерией служат р. Вента и ее притоки, главный из которых р. Циецере, прорезающая толщу известняков. Абс. отм. уреза р. Циецере у месторождения 77,3—77,7 м. Река Циецере и ее притоки дренируют площадь месторождения.

Верхнепермские известняки, покрывающие их четвертичные и подстилающие нижнекаменноугольные отложения, в разной степени водоносны.

Верхнепермские известняки в верхней части разреза разрушены, разбиты вертикальными и горизонтальными трещинами. С глубиной вертикальная трещиноватость уменьшается. Дочетвертичная поверхность известняков полого погружается с юга на север, ее абс. отм. 93,5—98,5 м. В восточной части месторождение эродировано древними водотоками. Эрозионная впадина глубиной до 19,5 м заполнена водосодержащими флювиогляциальными песчано-галечными образованиями.

Из карбонатной толщи вытекают многочисленные источники, дебит которых колеблется от 1 до 15 л/сек. Выход подземных вод на поверхность фиксируется на отметках 81,2—92 м. Коэффициент фильтрации известняков изменяется от 10 до 32 м/сутки.

Подстилающие карбонатную толщу нижнекаменноугольные отложения довольно резко погружаются на юг, кровля их имеет абс. отм. 82,0—85,0 м. Сложены они тонкозернистыми слюистыми, местами глинистыми кварцевыми песками с прослоями и линзами плотных песчаных или пластичных глин. Мощность песков 0,5—3,0 м. Воды, содержащиеся в песках, выходят на поверхность в виде источников на абс. отм. 90 м. Дебит источников 1—2 л/сек, амплитуда колебания уровня незначительна (0,80 м).

Верхнепермская карбонатная толща покрыта четвертичными моренными глинами, суглинками и флювиогляциальными песчано-галечными образованиями. Мощность их непостоянна (от 0,4 до 11,7 м). Водоносны только флювиогляциальные образования, заполняющие древние эрозионные водотоки. Уровни вод в этих отложениях обычно находятся на более высоких отметках, чем в известняках.

Разведочными работами, проведенными в 1955 г., установлено, что основным водоносным горизонтом на месторождении являются известняки. Абсолютная отметка уровня этого горизонта 90—98 м. Поток имеет запад-северо-западное направление. Дебит отдельных скважин при понижениях на 0,8—2,0 м около 3 л/сек.

Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые, минерализация 0,3—0,4 г/л, общая жесткость около 7 мг-экв, служат источником снабжения местных ферм и населенных пунктов.

Область питания водоносного горизонта месторождения совпадает с областью питания поверхностных вод, кроме того, питание осуществляется и за счет флювиогляциальных отложений древнего водотока.

Гидрогеологические условия месторождения позволяют осушить всю разведанную площадь до абс. отм. 83,0 м при помощи самотечного дренажа со сбросом вод в р. Циепере. Для этого рекомендуется пройти две канавы: задача первой — перехватывать подземные воды и направлять во вторую для отвода их в реку. Приток воды в водосборную канаву составит 21 тыс. м<sup>3</sup>/сутки при эксплуатации месторождения на всю мощность.

Месторождения доломитов и близких к ним по составу пород распространены на значительной части территории Латвии и связаны с отложениями верхнего девона. Практическое значение имеют доломиты бурегского, семилукского и саргаевского горизонтов, широко развитые в центральной и северной частях республики. Месторождения доломитов почти всегда в какой-то степени обводнены, но воды могут быть удалены из карьеров самотеком или откачками. В доломитах наблюдается карст, благоприятствующий накоплению и циркуляции подземных вод. Доломиты и доломитовые мергели разрабатываются как сырье для извести, роман-цемента и главным образом как строительный камень (бут и щебень), а также с целью производства муки для сельского хозяйства.

Калнциемское месторождение расположено на левом берегу р. Лиелупе, в 24 км к северо-западу от г. Елгавы, в районе Средне-Латвийской низменности. Поверхность месторождения характеризуется абс. отм. от 0 до 7 м, за исключением участков развития моховых болот, где абсолютные отметки превышают 16 м. Общий уклон низменности направлен к Рижскому заливу.

Разрабатываются доломиты семилукского горизонта. Вскрышу слагают четвертичные отложения (плотная моренная глина с включением песчано-гравийно-галечного материала, валуны, пески и растительный слой) и глинистые породы памушского горизонта. Мощность вскрыши в среднем 3 м.

Воды приурочены как к доломитам семилукского горизонта, так и к мергелисто-глинистым породам саргаевского горизонта, подстилающим полезную толщу. Воды саргаевского горизонта сильноминерализованные, напорные, пьезометрические уровни их близки к земной поверхности (до 0,2 м абс. отм). Коэффициент фильтрации пород 0,85 м/сутки.

Доломиты семилукского горизонта неравномерно трещиноватые, кавернозные, последние частично заполнены доломитовой мукой, насыщенной водой, плотной, в известной мере мешающей движению подземных вод. Коэффициент фильтрации доломитов полезной толщи изменяется от 0,85 до 23,18 м/сутки, средний для месторождения 10 м/сутки. Уровень вод находится на абс. отм. 0,2—3,6 м.

Воды полезной толщи гидрокарбонатно-кальциевые, общая жесткость 4,6 мг-эка, не содержат вредных примесей и пригодны для питья. Четвертичные отложения и глинистые породы памушского горизонта не водоносны. Колебания уровня грунтовых вод в районе карьера не зависят от колебания уровня р. Лиелупе с амплитудой более 1,5 м. Кроме того, с восточной стороны карьера на берегу р. Лиелупе построена дамба, защищающая его от весенних паводковых вод. Для защиты от напорных вод с подстилающих гипсовых пород в карьере оставляют целик из мергелистых доломитов и мергелей. Насосная установка производительностью 300 м<sup>3</sup>/час полностью обеспечивает водоотлив из карьера не более 3000 м<sup>3</sup>/сутки.

*Рижское месторождение гипса* находится в 18 км к югу от г. Риги. Месторождение приурочено к верхней гипсоносной пачке саргаевского горизонта (саласпилские слои). Разрабатывается сауриешский участок карьером, который расположен в южной части месторождения. Разработка ведется до 39 пласта глубиной до 23 м. Месторождение вскрыто разрезной траншеей в юго-восточной части карьера. Мощность вскрышных пород колеблется от 3 до 10 м. Вскрышные работы ведутся в два уступа. Добыча гипсового камня в карьере производится комбинированным способом шестью уступами.

Карьер имеет две нагорные канавы для отвода вод весеннего и осеннего паводка. В карьере работают три насоса производительностью 700 м<sup>3</sup>/час. Приток воды в карьер в среднем составляет 400—500 м<sup>3</sup>/час, увеличиваясь во время весеннего паводка до 700 м<sup>3</sup>/час. Воды поступают с полезной толщи и вскрышных пород. Последние выходят в виде источников. В засушливое время года дебит источников незначительный, во время дождей и оттепелей он резко увеличивается. Воды полезной толщи трещинно-пластового типа с ограниченным водоупором. Наибольшая циркуляция воды наблюдается по породам закарстованным, причем наиболее активной зоной карстообразования является интервал, располагающийся в 4—6 м от кровли гипсовой толщи. Коэффициент фильтрации 0,4—0,7 м/сутки. Кроме вод полезной толщи, стекающих в карьер, обводнение его осуществляется атмосферными осадками, выпадающими непосредственно на разработки, а также грунтовыми и почвенными водами. Воды, стекающие в карьер, удаляются насосной установкой. Вода гипсовой толщи обладает высокой минерализацией (1,3 г/л) и относится к сульфатно-кальциевому типу.

Крупнейшее месторождение *тугоплавких глин Лодде* приурочено к низам швентойского горизонта. Расположено в пределах Центрально-Видземской возвышенности, на левом берегу р. Гауи, на абс. отм. 54,6 м. Месторождение ограничено с запада крутым откосом левого берега р. Гауи высотой до 25 м, а с востока ручьем.

Глинисто-песчаная толща девона мощностью от 3 до 29 м, в среднем 17,4 м, является полезным ископаемым. Она сложена чередующимися без всякой закономерности и неопределенной формы слоями и линзами пестроцветных глин, песка и алевроита. Мощность прослоек песка 0,02—0,2 м, алевролита 0,2—4,3 м. Полезная толща подстилается слабосцементированными песчаниками. Вскрыша мощностью 0,6—4 м, в среднем 4,1 м, представлена моренными суглинками, песками с примесью гравия и гальки, а также верхним слоем глины полезной толщи, содержащей мелкую гальку.

Глинны — высококачественное сырье для производства изделий грубой и частично мелкой керамики. Вода содержится в песчанистых прослоях и линзах вскрышных пород и прослоях песка швентойского горизонта. Полезная толща глин практически водонепроницаемая. Грунтовые воды располагаются на глубине 0,2—5,5 м от поверхности, абсолютные отметки водоносного горизонта 54,2—72,6 м. Средняя мощность водоносного горизонта 1 м. Коэффициент фильтрации 3 м/сутки. Воды легко отводятся в долину р. Гауи. Карьер оснащен двумя водоотливными канавами, по которым сбрасывается 212 м<sup>3</sup>/сутки. Карьер отрабатывается двухступенной системой, при помощи взрывных работ только на втором уступе.

Разрабатываемые в настоящее время остальные месторождения девонских глин находятся в аналогичных условиях.

*Месторождения кварцевых песков* обычно связаны с девонскими (швентойский горизонт) и верхнеюрскими отложениями. Кварцевые

пески — сырье для производства стекла, кроме того, они используются как формовочные. Как правило, месторождения разрабатываются до уровня грунтовых вод.

### ГИДРОГЕОЛОГИЯ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (гидрогеолого-мелиоративное районирование)

На территории Латвийской ССР, расположенной в зоне избыточного увлажнения, соотношения элементов водного баланса создают весьма благоприятные условия для переувлажнения и заболачивания земель. В целом по республике более 68,6% земель избыточно увлажнены или заболочены, в том числе 44,6% сельскохозяйственного и 24,0% несельскохозяйственного назначения (в основном лес). Периодическому переувлажнению подвергаются пашни и заливные луга. Постоянно переувлажнены пастбища, заболоченные луга, болота, часть площадей, занятых лесами. Для использования этих земель в народном хозяйстве требуется проведение гидромелиоративных работ в довольно широких масштабах.

Регулирование водного режима, а именно — осушение земель сельскохозяйственного назначения открытыми канавами и регулирование водоприемников на территории Латвии осуществляется с XVII в. [Meliorācija Latvijā, 1941]. Осушение земель сельскохозяйственного назначения открытыми канавами применялось до середины XIX в. Регулирование рек-водоприемников с целью осушения началось около 1800 г., когда были зарегулированы реки Берзе и Ауце. До 1940 г. этими работами охвачены 53 реки с общей протяженностью зарегулированных участков 922 км.

Первый закрытый дренаж построен в 1850 г., но практически осушение земель этим методом начало развиваться только в конце XIX в. Осушение с механической откачкой воды впервые применено в 1933 г., когда был сооружен польдер у оз. Бабитес.

Начало работ по осушению болот в лесах на территории Латвии относится к 1830 г. До 1892 г. в лесах одной лишь Лифляндской губернии были осушены болота на площади 89 км<sup>2</sup>. После первой мировой войны работы по лесосушению были приостановлены и возобновлены лишь в 1929 г. За период с 1929 по 1939 г. были осушены лесные массивы площадью 1750 км<sup>2</sup>.

Наиболее широко мелиоративные работы развернулись после освобождения Латвийской ССР от немецких захватчиков. Так, с 1945 по 1961 гг. закрытым дренажом осушено 2,21 тыс. км<sup>2</sup> и открытыми канавами 7,73 тыс. км<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель. Кроме того, открытыми канавами осушено 1,32 тыс. км<sup>2</sup> лесных земель. Протяженность зарегулированных участков рек за этот же период достигла 2435 км. В табл. 20 приведены данные, характеризующие гидромелиоративный фонд республики на 1 января 1962 г. Распределение фонда осушения сельскохозяйственных земель по основным бассейнам рек показано на рис. 26.

Развитие гидромелиоративных мероприятий определяется Генеральной схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов Латвийской ССР на 1960—1980 гг. До 1980 г. предусматривается осушить 18,20 тыс. км<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель и 11,48 тыс. км<sup>2</sup> лесов; осушение верховых болот не предусматривается.

По вопросам гидромелиорации литература долгое время была представлена только сборником «Мелиорация в Латвии», изданным в 1941 г. В I томе этого сборника вопросы геоморфологии, геологии, климатологии и гидрологии изложены в свете их применения при проектировании

Таблица 20

## Гидромелиоративный фонд Латвийской ССР

Земли	Всего тыс км <sup>2</sup>	Не требуют осушения тыс км <sup>2</sup>	Переувлажненные и заболоченные земли тыс км <sup>2</sup>						
			Все- го	открытой сетью		закрытым дренажом		Не осу- шено	Верховые болота (не подле- жащие осу- шению)
				все- го	в том числе в неудов- летвори- тельном состоянии	все го	в том числе в неудов- летвори- тельном состоянии		
Сельскохозяйствен- ного назначения	38,3	9,5	28,8	14,1	9,9	2,0	0,07	12,7	—
Несельскохозяйст- венного назначения (леса)	26,3	10,8	15,5	2,4	1,6	—	—	11,5	1,6
Всего . .	64,6	20,3	44,3	16,5	11,5	2,0	0,07	24,2	1,6

и ведении гидромелиоративных работ. За последние годы после завершения ряда научных исследований по вопросам гидромелиорации появились статьи А. Я. Курсиша (1959), Я. Я. Уйска (1958), А. Я. Грузиса,

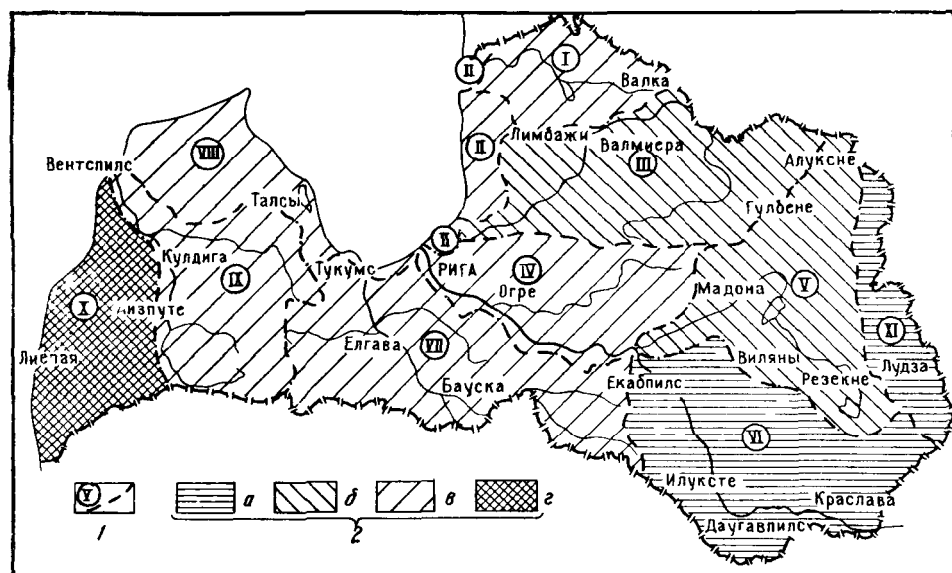


Рис 26 Распределение фонда осушения сельскохозяйственных земель по основным бассейнам рек

1 — граница и номер основного бассейна реки I — бассейн р. Салацы; II — третий приморский бассейн III — бассейн р. Гауи, IV — бассейн нижней части р. Даугавы, V — бассейн р. Айвиексте, VI — бассейн верхней части р. Даугавы, VII — бассейн р. Лиелупе VIII — второй приморский бассейн IX — бассейн р. Венты, X — первый приморский бассейн, XI — бассейны р. Великой, 2 — фонд осушения (в % от общей площади сельскохозяйственных земель) а — 81–90, б — 71–80, в — 61–70, г — 51–60, д — 41–50, е — 31–40, ж — 21–30, з — 11–20

А. А. Зиверта (1962), Ц. Н. Шкинниса (1962), А. А. Пасторса (1963) и других авторов, опубликованные в трудах (т. I, 1962; т. II, 1963) и научно-технических сборниках (т. I, 1962; т. II и III, 1963) Латвийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации.

Основными факторами, вызывающими переувлажнение и заболачивание земель в условиях Латвии, являются:

а) затрудненный поверхностный и подземный сток на равнинах со слабым уклоном поверхности земли и хорошо развитым микрорельефом;

б) затопление поверхности при паводках и близкое стояние подземных вод от поверхности;

в) слабая водопроницаемость почвогрунтов.

Для борьбы с вышеуказанными факторами применяются все виды гидромелиоративных мероприятий: осушение открытыми канавами, закрытый дренаж, регулирование водоприемников, механический водотвод.

Хотя практикой доказано, что закрытый дренаж более эффективен и имеет явное преимущество перед открытыми канавами, все же около 40% общей площади пока еще осушается открытой сетью. Причиной является более высокая стоимость закрытого дренажа. В будущем намечается открытую сеть заменить закрытым дренажом, оставив ее только на лугах, лесных массивах и болотах.

Глубина заложения дрен и расстояние между дренами (закрытого дренажа) в основном зависят от характера почвогрунтов и землепользования. По данным, полученным в хозяйствах Огрского, Валмиерского и Тукумского районов, в глинистых дерново-карбонатных почвах оптимальная глубина дрен 1,20—1,35 м при расстоянии между дренами 22 м, в песчано-подзолистых почвах глубина дрен 1,10—1,25 м при расстоянии 25 м. Закладывать дренажи на глубину 0,90 м не рекомендуется [Розенберг, 1962; Уйска, 1965].

Осушение верховых болот закрытым дренажом можно вести после предварительного частичного осушения их открытой сетью. Максимальное заглубление дрен 1,8 м при расстоянии между дренами на верховых болотах 10—15 м, в низинных 25 м [Клявиньш, 1962].

Осушение неглубоких низинных болот с мощностью торфяной залежи 0,5—1,5 м, подстилающихся хорошо водопроницаемыми грунтами, успешно может быть выполнено открытыми канавами при глубине до 2 м и расстоянии между ними 200—300 м. Таким способом осушены болота в долине Вашлея Тукумского района и болото Пукю Екабпилсского района [Граудиньш, 1962].

Для обеспечения проектируемой осушительной сети водоприемниками регулированию подлежат 86 рек (с водосборной площадью более 100 км<sup>2</sup>) с общей протяженностью регулируемых участков 988 км. Земли Приморской низменности, поймы крупных рек (р. Лиелупе) и побережья крупных озер (Лубана, Бабитес, Лиепаяс) требуют осушения с механическим подъемом воды и сооружением летних и зимних польдеров. В специализированных пригородных хозяйствах («Булдури» Рижского района, «Дартия» Баусского района и др.) кроме осушительных сетей предусматривается полив земель. К 1980 г. площадь орошаемых земель достигнет 110 км<sup>2</sup>.

Постоянный рост промышленности и городов все больше увеличивает прирост промышленных и хозяйственно-бытовых загрязненных сточных вод. Наряду с искусственной их очисткой, большое внимание уделяется возможности использования этих вод в сельском хозяйстве на сельскохозяйственных полях орошения [Вальтер, 1963].

Причины и характер переувлажнения и заболачивания земель на низменной и возвышенной частях республики разные. Низменная часть занимает 53% всей территории и включает Рижскую песчаную равнину, Земгальскую равнину, Приморскую и Северо-Латвийскую низменности, Средне-Даугавскую равнину и Северо-Латвийскую приподнятость. Эта часть республики характеризуется ровным рельефом, осад-



ками от 550 до 650 мм и коэффициентом увлажнения в теплый период года 1,0—1,3.

Рельеф Приморской низменности и Рижской песчаной равнины полого-холмистый с затрудненным стоком. На этой территории преобладает высокий уровень грунтовых вод, который в прибрежной части моря, в поймах устьев рек (Лиелупе, Ужава и др.) и реликтовых озер (Баби-тес, Энгуре, Каниеру, Лиепаяс) сильно зависит от нагона вод с моря, а расположенные по побережью дюны являются барьером для сточных вод и направляют течение рек параллельно берегу моря (реки Ужава, Лиелирбе, Роя, Лиелупе и др.).

Поверхность Приморской низменности и Рижской равнины сильно заболочена. Наиболее заболоченные участки расположены в низовьях р. Лиелупе между городами Рига—Елгава—Юрмала. Здесь находятся крупнейшие в республике верховые болота Тырелис, Ценас Тырелис и другие и наиболее богатые переувлажненными и заболоченными землями административные районы республики: Добельский, Лиепайский и Кулдигский. В Лиепайском районе осушению подлежат 1360 км<sup>2</sup> земель сельскохозяйственного назначения, в Добельском — 1320 км<sup>2</sup>.

Осушение земель нижней части р. Лиелупе выделяется в отдельную водохозяйственную проблему. Во время весенних паводков Лиелупе затапливает 35,3 тыс. га сельскохозяйственных земель. Кроме того, пойменные луга этой реки площадью 4,6 тыс. га во время летних вегетационных паводков затапливаются нагонными морскими водами. Водный режим нижнего течения реки целесообразно регулировать при помощи механического водоотвода. Схемой водного хозяйства р. Лиелупе предусмотрено строительство 7 зимних и 12 летних польдеров. Кроме того, для предохранения земель и населенных пунктов от паводков предусматривается строительство заградительных дамб. Полное решение водохозяйственной проблемы р. Лиелупе требует регулирования почти всех притоков ее нижнего течения (Свете, Тервете, Платоне, Иецава и др.).

Земгальская равнина является естественным продолжением Приморской низменности, уходящим на юг до границы с Литовской ССР и за ее пределы. Поверхность равнины почти ровная. Разнообразят ее отдельные невысокие холмы и густая речная сеть.

Почвы дерново-карбонатные и дерново-глеевые на покровных глинах, очень плодородные. Земли используются в основном в сельском хозяйстве. Болот нет, так как климатические условия для их развития и переувлажнения земель здесь неблагоприятны. Гидромелиоративные мероприятия сводятся в основном к предохранению земель от весенних паводков и сокращению сроков их затопления.

На Средне-Латвийской покатой равнине и Северо-Латвийской приподнятости имеются большие массивы низинных болот и переувлажненных почвогрунтов, где заболоченность достигает 30%.

Озеро Лубана и расположенные вокруг него избыточно увлажненные, заболоченные и на весьма длительное время затопляемые земли являются одним из наиболее крупных в республике объектов регулирования водного режима, которому уделяется особое внимание.

Площадь оз. Лубана в естественных границах до 1939 г., когда были произведены дноуглубительные работы на р. Айвиесте, отводящей воду из озера, составляла примерно 85 км<sup>2</sup>, а во время половодья превышала 600 км<sup>2</sup>. До этих работ почти все стекающие в озеро паводковые воды оставались в нем и на прилегающих затопляемых площадях весьма длительное время (от 60 дней в маловодные годы до 75 в многоводные). Продолжительность же катастрофических разливов достигала даже 115 дней, причем уровень воды в озере повышался на 2,5—3,17 м [Курсиш, 1959].

В целях улучшения водного режима и предотвращения катастроф уже в середине XIX в. были сделаны попытки регулирования стока Лубанской равнины. Однако гидромелиоративные работы проводились без достаточных исследований и учета естественных природных условий, поэтому они не могли дать и не дали положительных результатов.

С 1924 по 1939 г. велись работы с целью понижения уровня оз. Лубана. Для этого было проведено спрямление русла р. Айвиексте, удаление из нее различных препятствий, а также расширение и углубление ее русла на участке между озером и устьем р. Куя. В результате в значительной мере выравнялся продольный профиль р. Айвиексте, заметно увеличились речные расходы, самые высокие уровни озера понизились на 0,4 м, а средние и низкие на 1,5—2 м. Понижение уровня озера позднее дало возможность зарегулировать реки Ича, Малта, Лиеде.

Из-за недостатка средств успешно начатые работы были приостановлены. Возобновились они только после войны, когда вопросами Лубанской проблемы начали заниматься проектные институты (Гидроэнергопроект, Латгипросельстрой, Латгипроводхоз). При разработке схем рассматривалась возможность использования Лубанской низины для целей энергетики, сельского и рыбного хозяйства. Наиболее удачной является разработанная Латгипроводхозом схема комплексного с сельскохозяйственным уклоном использования Лубанской низины. Для полного осушения и комплексного использования Лубанской низины предполагается превратить оз. Лубана в водохранилище, с помощью которого представится возможность регулировать сток.

Возвышенности занимают примерно 47% территории республики, в их число входят Центрально-Видземская, Восточно- и Западно-Латвийская возвышенности. Характеризуются они значительными уклонами поверхности земли и хорошо развитой речной сетью. Осадки в районе возвышенностей составляют 600—750 мм в год; коэффициент увлажнения за теплый период 1,1—1,5. Заболоченность не превышает 10%, заболоченные земли и болота приурочены лишь к озерным котловинам, долинам и поймам рек.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ И ГРЯЗИ

### МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ

Лет 35—40 назад в Латвии были известны и использовались только сероводородные воды в местах их естественного выхода на поверхность. Примерно в 1930 г. начали использовать минеральные воды хлоридно-натриевого типа, случайно вскрытые скважиной в г. Валмиера. После Великой Отечественной войны эти воды были выведены на поверхность и в других районах республики.

По имеющимся данным распределение отдельных типов минеральных вод по площади и глубине на территории Латвии подчинено общей гидрохимической зональности, которая характеризуется постепенным увеличением минерализации с глубиной и от краевых частей артезианского бассейна к центральным. В горизонтальном направлении минерализация увеличивается с севера на юг согласно погружению водоносных горизонтов от северных границ Латвийского и Польско-Литовского артезианских бассейнов.

На территории Латвии встречаются хлоридно-натриевые, сульфатно-кальциевые и сероводородные, также сульфатно-кальциевого состава минеральные воды. Воды первого типа вскрыты скважинами и выведены на поверхность на курортах Юрмала: Кемери, Рижское взморье, в санаториях «Личи» и «Межциемс», в г. Валмиера и в других местах.

Хлоридно-натриевые воды с минерализацией 7—12 г/л приурочены к пескам и песчаникам пярнуского горизонта и кемерской свиты среднего девона (донаровский водоносный комплекс). Воды с минерализацией 12 г/л вскрыты скважиной в г. Бауска на глубине 590—610 м.

На курорте Кемери и в санатории «Балтия» курорта Рижское взморье хлоридно-натриево-кальциевые воды с минерализацией 4,5—5,5 г/л используются в бальнеологии для ванн и для питья. Воды санатория «Личи» и г. Валмиера применяются только как питьевые.

Глубина залегания донаровского водоносного комплекса на Рижском взморье по скважине санатория «Балтия» 360 м, в г. Валмиера 200 м. В юго-западной части Латвии скважинами структурного бурения этот горизонт вскрыт на глубине 590—608 м (Блидене, Стури). Химический состав минеральных хлоридно-натриевых вод донаровского водоносного комплекса из скважин в г. Валмиера, на Рижском взморье (санатория «Балтия») и в г. Бауска приведен в табл. 21.

Кембрийские песчаники в санатории «Межциемс» вскрыты на глубине 544 м, у г. Плявиняс 946 м, у г. Бауска 1030 м, в западном направлении глубина их залегания увеличивается. Химический состав хлоридно-натриевых вод характеризует табл. 22.

Из табл. 22 видно, что в водах кембрийских песчаников количество брома и железа увеличивается с востока на запад. Так, в восточной части Латвии, в скважине санатория «Межциемс» содержание брома составляет 150 мг/л, в скв. г. Бауска 269 мг/л, а в западной части, по анализам проб воды из скважин Блидене и Ремте, оно повышается до 305—500 мг/л. Содержание железа, по данным скважин в санатории «Межциемс» и у г. Плявиняс, 16 мг/л, в Блидене 53 мг/л. Содержание йода колеблется от 0,1 мг/л (скважина в Бауске) до 0,7 мг/л (скважина в Блидене). В небольших количествах присутствует бор (по анализам воды из скважин санатория «Межциемс» содержание  $\text{HBO}_2$  составляет 30 мг/л).

Таблица 21

Химический состав минеральных хлоридно-натриевых вод донаровского комплекса

Определения	г. Валмиера, скважина мясокомбината			Курорт Кемери			Санаторий «Балтия»			г. Бауска		
	мг/л	мг экв	% экв	мг/л	мг экв	% экв	мг/л	мг экв	% экв	мг/л	мг экв	% экв
Катионы												
Na <sup>+</sup>	1547,3	67,3	63,6	894	38,9	46,5	963	41,9	44,4	2379,4	103,5	45,5
K <sup>+</sup>	156,7	4,1	3,9									
Ca	442,9	22,0	20,9	582	29,0	34,7	690	34,4	36,6	1493,0	74,5	33,5
Mg <sup>++</sup>	150,1	12,3	11,6	191	15,7	18,8	218	17,9	19,0	565,0	46,4	21
Сумма	2297,0	105,7	100,9	1667	83,6	100,0	1871	94,2	100,0	4437,4	224,4	100,0
Анионы												
Cl <sup>-</sup>	3375,5	95,2	89,9	2390	67,4	80,7	2640	74,4	80,1	5855,4	165,1	81,3
SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	268,9	5,6	5,4	775	16,1	19,3	889	18,5	19,9	1817,6	37,8	18,7
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	302,5	5,0	4,7									
Сумма	3946,9	105,8	100,0	3165	83,5	100,0	3529	92,9	100,0	7673,0	202,9	100,0
Минерализация*	6243,9			4832			5400			12110,4		
SiO <sub>2</sub>	18,4											
Br	4,8											
Li	0,02											
J	0,4											

\* Минерализация в этой и в последующих таблицах дана в виде суммы анионов и катионов. Анализ минеральных вод курорта Кемери и санатория «Балтия» выполнены в 1958—1959 гг. химиком Кемерской гидрогеологической партии А. Г. Камрадом, анализы вод из скважины г. Бауска — в химической лаборатории экспедиции С. Я. Вишкиндром, из скважины г. Валмиера — в лаборатории Института геологии и полезных ископаемых АН Латвийской ССР.

Из табл. 21 видно, что в небольших количествах в водах присутствуют бром, йод, литий и кремнекислота.

Воды с минерализацией, превышающей 100 г/л, приуроченные к пескам и песчаникам кембрийского возраста, вскрыты на юго-востоке Латвии скважиной санатория «Межциемс» около г. Даугавпилс, скважинами у городов Плявиняс и Бауска, а также структурными скважинами в западной части республики (в населенных пунктах Ремте и Блидене).

Воды сульфатно-кальциевые, минерализация 1—3,5 г/л, распространены западнее линии меридионального направления, проходящей примерно через г. Валмиера. С севера область их развития ограничена линией, проходящей через города Сигулда, Рига, Тукумс, Кулдига.

Выходы этих вод на поверхность в виде источников имеются во многих местах Латвии. Источники сульфатно-кальциевых вод известны в районе Сигулды (Зуши), Кемери, Кандаве, Балдоне, Барбеле и др. Обычно они приурочены к гипсоносным отложениям верхней части сар-

Таблица 22

## Химический состав кембрийских хлоридно-натриевых вод

Определения	Санаторий „Межциемс“			г. Плявиняс			г. Плявиняс			г. Бауска			г. Блдене		
				глубина 995—1011 м			глубина 940—943 м			глубина 1102—1069 м			глубина 1040—1045 м		
	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв
Катионы															
Na <sup>+</sup>	4217,5	1833,7	81,2	33776,2	1468,58	72,69	32070,08	1394,36	73,50	33639,6	1463,3	66,3	29600	1287,2	60,5
K <sup>+</sup>	390	10,0	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	376	10	0,5
Ca <sup>++</sup>	4800	239,5	10,6	6529,8	326,0	16,13	6113,2	305,04	16,13	7555,1	377,0	17,1	926	462,2	21,7
Mg <sup>++</sup>	2100	172,7	7,7	2740,8	225,54	11,15	2384,8	196,03	10,37	4457,4	366,4	16,6	450	369,9	17,3
Fe <sup>+</sup> + Fe <sup>++</sup>	16,4	0,7	—	16,16	0,60	0,03	—	—	—	—	—	—	53,2	—	—
Сумма	49481,4	2256,6	100,0	43072,5	2020,67	100,0	40568,1	1895,43	100,0	45652,1	2206,7	100,0	31408,2	2129	100,0
Анионы															
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	49	0,8	—	33,3	0,55	0,03	56,5	0,93	0,05	36,6	0,6	—	177	2,9	0,1
Cl <sup>'</sup>	78500	2213,7	98,1	70140,3	1978,56	97,91	65680,0	1852,17	97,73	71891,3	2027,3	98,5	75200	2120,6	99,7
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	2000	41,6	1,9	1994,9	41,56	2,06	2023,7	42,09	2,22	1408,0	29,3	1,5	266	5,5	0,2
Сумма	80549,0	2256,1	100,0	72168,5	2020,67	100,0	67760,1	1895,19	100,0	73335,9	2057,2	100,0	75643,0	2129,0	100,0
Минерализация	130030,4			115241,0			108528,3			118988,0			107051,2		
SiO <sub>2</sub>				13,2											
Br	150									269,06	3,37	0,08	500		
J	0,2									0,10			0,7		
HBrO <sub>2</sub>	30												10,0		
Mn	3,4														
Al	0,4														

Примечание. Анализы подземных вод выполнены из скважины санатория «Межциемс» Э Бирзинице (Центральная лаборатория УГиОН при Совете Министров Латвийской ССР); из скважины г. Блдене Б. А. Шенфельд, из скважины г. Бауска С. Я. Вишкиндом (лаборатория экспедиции); анализ вод из скважины г. Плявиняс взят из отчета В. А. Кузнецова «Итоги нефте-геология» в пределах плявинской структуры Латвийской ССР, 1958 г., Ленбуриете.

гаевского и верхам амурского горизонта верхнего девона. Химический состав вод характеризуют данные табл. 23.

Сульфатно-кальциевые воды, содержащие небольшое количество сероводорода, используются на курорте Балдоне. Воды с содержанием двух или трех анионов более 25%-экв встречаются в районе курортов Кемери, Балдоне и в других местах. Химический состав этих вод приведен в табл. 24.

На территории курорта Кемери и его окрестностей имеется большое количество источников с содержанием сероводорода до 40—50 мг/л. Помимо курортов Кемери и Балдоне, воды, содержащие сероводород, выходят на поверхность и в ряде других районов республики (обычно там, где гипсоносные породы залегают непосредственно под четвертичными отложениями). Однако все эти источники характеризуются невысоким содержанием H<sub>2</sub>S (не более 4—5 мг/л). Местоположение источников показано на рис. 27.

## ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ

Помимо минеральных вод в Латвийской ССР имеются значительные запасы лечебных торфяных и сапропелевых грязей, представляющих большой интерес для лечебных учреждений республики. Лечебные

торфяные грязи используются на курортах Кемери, Балдоне, в Сигулдском районе у населенного пункта Зуши и т. п.

Участок торфа, разрабатываемый курортом Кемери, находится в западной части болота Слока, вблизи курортного парка. Разведенные запасы торфа, пригодного для лечебных целей на этом участке, около 100 тыс. м<sup>3</sup>.

Торф (грязевый раствор) содержит значительные количества сульфатов и сероводорода. Химический состав торфяных грязей участка и степень их разложения по анализам проб, отобранных на различной глубине, представлен в табл. 25.

Анализ торфяных грязей выполнены в биохимической лаборатории поликлиники курорта Кемери Г. Рудзитис.

Органическая часть торфа состоит из остатков разложившихся и малоразложившихся растений и бесструктурной буро-коричневой массы сильно обводненных гелей гуминовых кислот. Кроме гуминовых веществ, в состав органической части торфа входят битумы, гемицеллюлоза и целлюлоза.

Соотношение различных частей, входящих в состав органической массы торфа, физико-механические и тепловые свойства торфяной грязи приводятся ниже.

Таблица 23

## Химический состав вод гипсоносных отложений саргавского и амурского горизонтов

Определения	Источник санатория „Балдоне“			Источник „Зуши“			Источник „Барбеле“			Кемери			Яункемери		
	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв
Катионы															
K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	1,6	0,07	0,2	1,0	0,04	0,6	0,2	0,01	—	40,0	1,74	4,56	0,7	0,03	0,10
Ca <sup>++</sup>	593,2	29,50	97,1	104,9	5,23	75,8	582,0	28,60	92,9	551,5	27,52	72,56	560,0	28,09	88,54
Mg <sup>++</sup>	33,8	2,78	2,7	19,8	1,63	23,6	26,2	2,15	7,1	105,4	8,66	22,86	41,5	3,60	11,36
Сумма	628,6	32,35	100,0	125,7	6,90	100,0	598,4	30,7	100,0	696,9	47,92	100	602,2	31,63	100,0
Анионы															
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	339,1	5,46	16,5	372,3	6,11	88,6	297,8	4,88	15,8	431,54	7,08	18,64	378,0	6,2	19,6
Cl <sup>'</sup>	2,6	0,75	2,2	1,5	0,04	0,6	3,1	0,09	0,3	22,02	0,62	1,64	4,62	0,13	0,4
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	1292,0	26,87	81,3	36,0	0,75	10,8	1242,7	25,85	83,9	1452,6	30,24	79,72	1210,0	25,2	80,0
Сумма	1633,7	33,08	100,0	409,8	6,90	100,0	1543,6	30,82	100,0	1906,2	37,94	100,0	1592,6	31,53	100,0
Минерализация															
SiO <sub>2</sub>	2262,3			535,5			2142,0						1994,8		
H <sub>2</sub> S	10,1						8,2			2603,1			16		
MnO <sub>2</sub> , 2/4	5,2			1,2			0,23			12			12,3		
										1,91					

Примечание. Анализы минеральных вод проводились: по источникам «Барбеле» — Я. Рументс, 1938 г.; «Балдоне» — Я. Рументс и Р. Эрманис, 1938—1939 гг.; «Зуши» — В. Я. Шенфельд (химическая лаборатория гидрогеологической партии УГиОН при Совете Министров Латвийской ССР, 1959 г.). По скв 47 и 488 — А. Г. Камрад (химическая лаборатория Кемерской гидрогеологической партии конторы «Союзгеокаптажминвод», 1955—1957 гг.)

## 1. Состав органических веществ

Битумы — 6,8%  
 Гемиллюлозы 8,8%  
 Гуминовые  
 кислоты — 69,3%  
 Целлюлозы — 6,5%

## 2. Физико-механические и тепловые свойства:

Влажность — 77%  
 Предельное сопротивление  
 сдвигу — 8200 дин/см<sup>2</sup>  
 Липкость — 4100 „  
 Теплоемкость — 0,816 кал/град  
 Теплоудерживающая способность — 1020 сек

Мощность эксплуатационного слоя в пределах участка 1,5—3 м. При ежегодном использовании поликлиникой курорта Кемери лечебных торфяных грязей в таких же объемах, как в 1958 г., курорт обеспечен разведанными запасами (без учета их регенерации) примерно до 2000 г.

Лабораторными исследованиями, а также экспериментальными и клиническими наблюдениями установлено, что торфяная грязь болота Слока по физико-механическим свойствам, химическому составу и действию не отличается от лечебных грязей, ранее применявшихся курортом.

По физико-механическим свойствам и химическому составу грязи месторождения Зуши также сходны с торфяными грязями курорта Кемери.

ри. В небольших количествах они используются отдельными санаториями.

Курорт Балдоне в настоящее время обеспечен торфяными грязями только на несколько лет. Для удовлетворения курорта достаточными ресурсами лечебных грязей необходима постановка изысканий на перспективных площадях, имеющих в районе Балдоне.

Кроме курортов Кемери, Балдоне и здравниц Сигулдского района, торфяные грязи для лечения применяются и в других местах республики, где используется торф местных болот.

Сапропелевые грязи разведаны в оз. Каниеру — в районе курорта Кемери, в озерах Бабитес и Лиепаяс, в районе Даугавпилса и в других местах. Сапропелевые грязи оз. Каниеру получили высокую оценку врачей-курортников.

## КУРОРТ КЕМЕРИ

Курорт Кемери — один из самых старых курортов Латвии находится в 40 км к западу от Риги и в 6 км от Рижского залива. В настоящее время он является западной частью г. Юрмала. Основными лечебными факторами здесь служат сероводородные воды и торфяные грязи.

Впервые сероводородные воды для лечения были применены в конце XVIII в. Торфяные грязи используются с 1876 г. Источник под названием «Парковый», с которого началось развитие курорта, находится на берегу р. Вершупите, он используется и в настоящее время.

С 1961 г. для лечения начали применять иловую грязь Каниерского озера, расположенного в 5 км к северу от центра курорта, а также выве-

Таблица 24

## Химический состав сульфатно-кальциевых вод

Определения	Кандава			Кемери, болото Рагану			Кемери, болото Секляйс		
	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	%-экв	мг/л	мг-экв	% экв
Катионы									
Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	2,3	0,1	0,5	3,0	0,2	0,4	7,4	0,3	0,8
Ca <sup>++</sup>	446,0	22,3	91,0	603,2	30,1	93,2	675,3	33,7	90,8
Mg <sup>++</sup>	25,8	2,1	8,5	25,1	2,1	6,4	37,7	3,1	8,4
Сумма	474,1	24,5	100,0	631,3	32,4	100,0	720,4	37,1	100,0
Анионы									
Cl <sup>'</sup>	425,0	12,0	46,5	0	—	—	2,7	0,1	0,4
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	3,5	0,1	0,4	1015,0	21,1	65,3	1289,0	26,8	72,2
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	836,0	13,7	53,1	686,4	11,3	34,7	623,0	10,2	27,4
Сумма	1364,5	25,8	100,0	1701,4	32,4	100,0	1914,7	37,1	100,0
Минерализация	1838,6			2332,7			2635,1		
SiO <sub>2</sub>	16,4								
H <sub>2</sub> S	6,1			65,8			43,0		

Примечание. Анализы минеральных вод Кандавы и Кемери выполнены в химической лаборатории Кемерской гидрогеологической партии А. Г. Камрад в 1955—1958 гг.

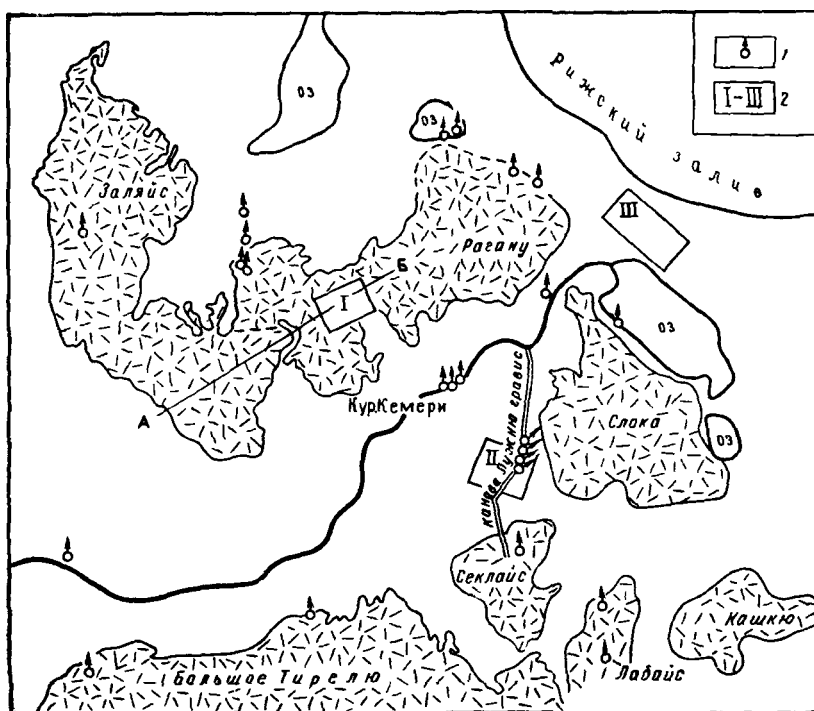


Рис. 27. Схема гидрографической сети в районе Кемери

1 — источники; 2 — участки с повышенным содержанием H<sub>2</sub>S

Т а б л и ц а 25

## Химический состав торфяных грязей

Определения	Глубина, м		
	0,5	1,0	2,0
Степень разложения в % . . . . .	30—45	50—65	60—70
Органические вещества	79,8—92,5	75,8—91,9	81,6—90,6
Неорганические вещества	7,5—20,2	8,1—24,2	9,4—18,4
H <sub>2</sub> S в мг на 1 кг сырой грязи	—	Сл.—10,9	4,0—16,0
Состав неорганических веществ в %			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,4—6,6	2,7—9,7	1,8—13,3
CaO . . . . .	37,5—52,1	32,5—57,1	31,6—50,0
MgO . . . . .	3,6—4,9	2,4—5,0	2,2—5,2
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3,2—11,7	7,1—12,2	6,4—65,6
SO <sub>3</sub> . . . . .	30,8—42,2	26,5—44,4	34,3—48,8

денную ранее на поверхность хлористо-натриевую минеральную воду с минерализацией до 4,5 г/л.

Общая площадь месторождения минеральных сероводородных вод превышает 200 км<sup>2</sup>. Большая часть этой территории занята моховыми и травяными болотами и заболоченным лесом (см. рис. 27), остальная часть — сосновым и смешанным лесом. В краевых частях месторождения отдельные небольшие участки заняты лугами и пашней.

В геологическом строении района курорта Кемери принимают участие четвертичные отложения и дочетвертичные породы — верхне- и среднедевонские (рис. 28).

Четвертичные отложения представлены песками эолового и морского происхождения, торфами, сапропелями и моренным суглинком. Суммарная мощность их в южной части месторождения в болоте Большое Тирелю достигает 10 м. К западу от центра курорта на территории болота Залаяс наибольшая мощность четвертичных отложений 8,75 м, в северной части месторождения, в болоте Рагану, она колеблется от 1,3 до 9 м.

В разрезе четвертичной толщи преобладают песок и торф. Моренные суглинки занимают подчиненное положение. Залегают они под песком и торфом на контакте с дочетвертичными породами. В восточной части месторождения моренные суглинки отсутствуют. В западной части в покрове их имеются окна, в пределах которых на дочетвертичных породах располагаются песчаные образования, легко проводящие воду. На отдельных участках дочетвертичные отложения перекрываются торфом.

На подавляющей части района кемерского месторождения мощность моренных суглинков не превышает 1—1,5 м и лишь в редких случаях она возрастает до 4—6 м.

Химический состав грунтовых вод района Кемери очень неоднороден. Среди них можно выделить воды гидрокарбонатно-кальциевого состава с высоким содержанием органических веществ и различной минерализацией, сульфатно-кальциевые воды с минерализацией более 2 г/л и хлоридно-натриевые воды с минерализацией, превышающей 0,4 г/л. Пестрота химического состава грунтовых вод объясняется своеобразием геологических, гидрогеологических и геоморфологических

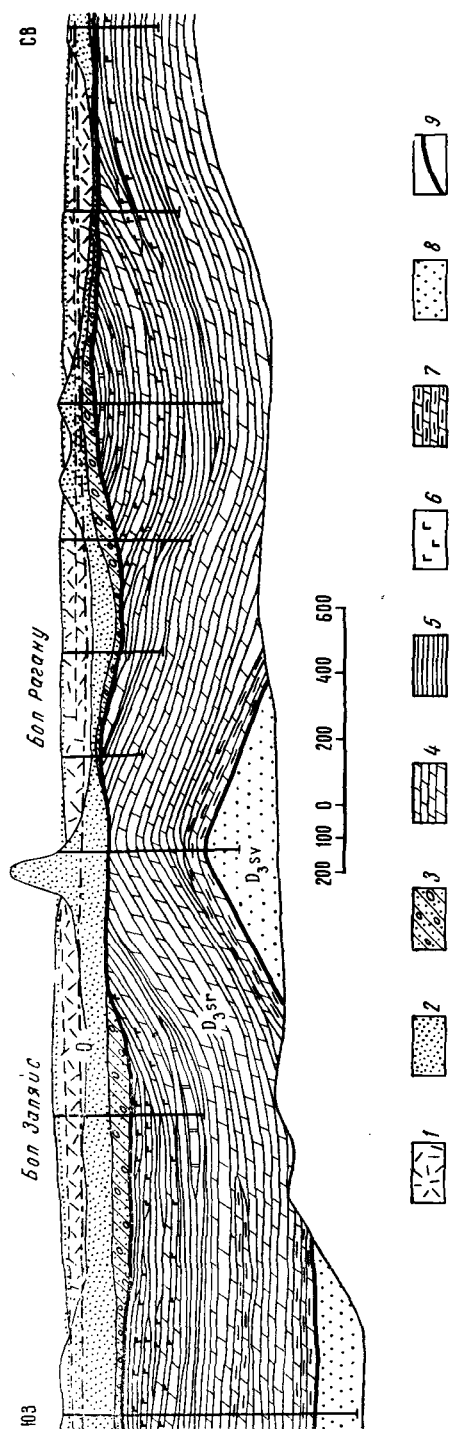


Рис. 28. Геологический разрез района Кемеров.

1 — торф; 2 — песок; 3 — суглинок; 4 — доломит; 5 — глина; 6 — гипс; 7 — мергель; 8 — песчаник; 9 — граница водоносного горизонта

условий района Кемери и его окрестностей, а также близостью Рижского залива. Преобладают гидрокарбонатно-кальциевые воды с высоким содержанием органических веществ и минерализацией до 0,1 г/л. Хлоридно-натриевые воды встречаются только в полосе, приуроченной к берегу Рижского залива.

Четвертичные отложения подстилаются верхнедевонскими породами саргаевского горизонта, верхняя часть которого представлена пачкой, состоящей из переслаивающихся глин, доломитовых мергелей, доломита и гипса, нижняя — доломитами, среди которых встречаются также прослойки глины и доломитового мергеля. Мощность нижней части саргаевского горизонта в районе Кемери 16 м.

По составу породы верхней, загипсованной пачки саргаевского горизонта подразделяются на три части: верхнюю, представленную глиной, мергелем и доломитом; среднюю, сложенную доломитом, гипсом и доломитовым мергелем мощностью около 8 м, и нижнюю, состоящую из переслаивающихся глин и доломитовых мергелей с прослойками доломитов мощностью 2—4,5 м. В верхней части пачки доломиты имеют подчиненное значение. В небольших количествах здесь встречается также гипс. Полная мощность верхней части саргаевского горизонта в пределах месторождения около 20 м. В западной части она увеличивается до 21—22 м.

В районе Кемери верхняя, а местами и средняя части гипсоносной пачки выпажаны ледником. Местами, на участ-

ках тектонических поднятий, породы саргаевского горизонта вообще отсутствуют. В отложениях гипсоносной пачки формируются и накапливаются сероводородные воды. Водообильность этих отложений на место-



рождении колеблется в широких пределах. Причиной этого являются структурные особенности района.

В районе месторождения минеральных сероводородных вод Кемери имеется несколько зон повышенной трещиноватости. Направление этих зон совпадает с направлением крыльев ряда структур на месторождении. Одна из этих зон располагается в юго-восточной части района. Она имеет вид узкой длинной полосы, один конец которой находится у северных границ болота Большое Тирелю, а другой — в районе западной части оз. Слока.

Вторая такая зона совпадает с нижним течением р. Вершупите. Она включает всю территорию от железной дороги до оз. Слока. В пределах этой зоны находятся каптированные курортом источники «Парковый», «Машинный», «Павильонный» и др.

Третья зона находится в 2—3 км северо-западнее центра курорта. Ее осевая линия направлена примерно с запада на восток. В этой зоне встречено наибольшее количество пустот. Максимальная величина их по вертикали здесь достигает 0,5 м.

Разгрузка вод, приуроченных к гипсоносной пачке саргаевского горизонта, происходит в речки и каналы и на сравнительно узком участке берега в районе Яункемери в Рижский залив, где эта часть горизонта уходит под урез моря.

Воды гипсоносной пачки сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые. Минерализация их около 2,5 г/л и лишь в местах проникновения вод из доломитов нижней части горизонта она уменьшается.

Основное значение для минерализации вод верхней части горизонта имеет гипс. Карбонаты кальция и магния, а также сульфаты магния играют подчиненную роль. Основными компонентами, определяющими минерализацию, являются  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .

На отдельных участках, где гипс наименее выщелочен и где горизонт отличается наименьшей водообильностью, увеличивается количество хлоридов натрия. В верхней (загипсованной) части саргаевского горизонта происходит формирование сероводородных вод.

По степени концентрации сероводорода Кемерское месторождение не однородное (рис. 29). В отдельных местах содержание сероводорода падает до нуля. Участки с повышенной концентрацией сероводорода совпадают с упомянутыми зонами повышенной трещиноватости. На этих участках отмечаются также депрессии в пьезометрической поверхности (см. рис. 29) верхних слоев саргаевского водоносного горизонта и повышенное содержание сульфатредуцирующих бактерий (рис. 30).

Концентрация сероводорода на участке источников, используемых курортом, 20—30 мг/л.

Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР в 1961 г. утверждены эксплуатационные запасы сероводородных вод по Кемерскому месторождению.

Распределение запасов (в  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ) по отдельным участкам показано в табл. 26.

Участки с повышенным содержанием сероводорода, по которым подсчитаны запасы, показаны на рис. 27.

Кроме упомянутых участков на территории Кемерского месторождения, сероводородные воды с концентрацией более 40—50 мг/л встречаются у западной границы болота Большое Тирелю и у северных границ болота Рагану, где на берегу оз. Дуню имеются источники с содержанием сероводорода до 55 мг/л. В случае необходимости эти участки могут служить базой развития курорта Кемери.

Подземные воды нижней части саргаевского горизонта на территории Кемерского месторождения относятся к гидрокарбонатно-суль-

фатному, кальциево-магниевому и сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевому типам. Минерализация гидрокарбонатно-сульфатных вод менее 0,75 г/л, сульфатно-гидрокарбонатных более 0,75 г/л. Основными компо-

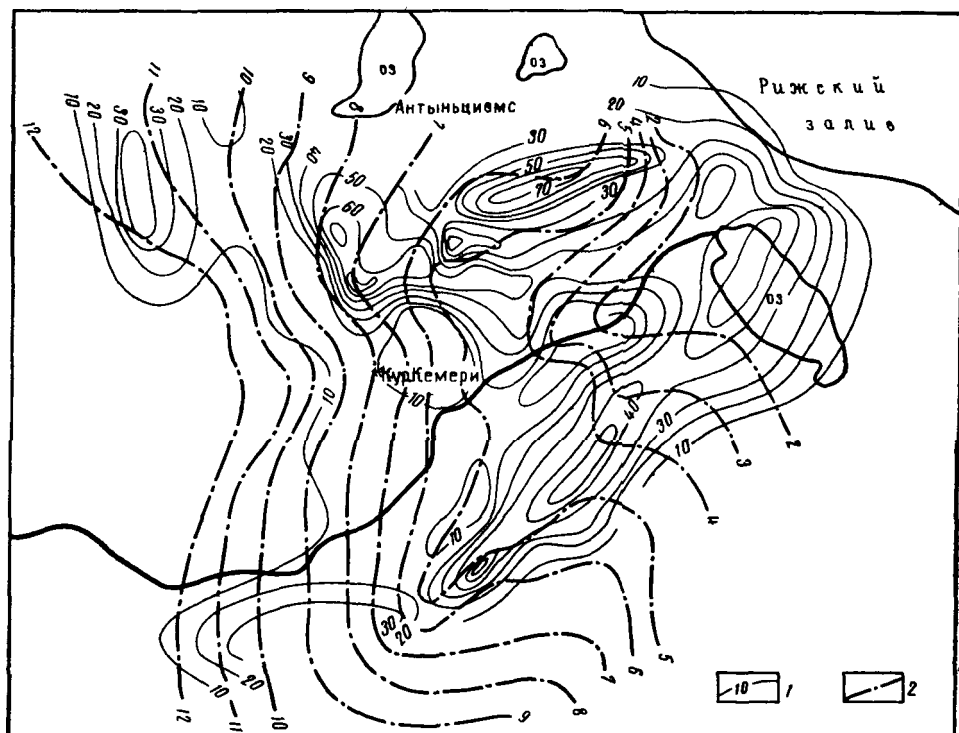


Рис 29 Схема гидроизопьез и содержания сероводорода в верхней части саргаевского водоносного горизонта (в мг/л) района Кемери  
1 — изолинии сероводорода, 2 — гидроизопьезы

нентами, от содержания которых зависит величина минерализации, являются ионы  $\text{SO}_4''$ ,  $\text{HCO}_3'$  и  $\text{Ca}$ .

Т а б л и ц а 26

Запасы сероводородных вод Кемерского месторождения

Участки	A	B	C <sub>1</sub>	Преобладающее содержание сероводорода
Первый . . . . .	500	400	—	48—55
Второй . . . . .	250	770	—	46—50
Третий . . . . .	—	—	1000	44—53
Участок существующего каптажа . . . . .	275	—	—	24—26
Всего по месторождению	1025	1170	1000	—

Ниже саргаевского горизонта располагается мощная толща водонасыщенных песчаников швентойско-тартуского комплекса. В верхней части комплекса воды сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевые.

Воды нижней части комплекса, приуроченные к толще тартуских песчаников, пресные сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевые.

Минерализация их по анализам вод из эксплуатационной скважины курорта Кемери 0,6 г/л. По направлению к Риге минерализация увеличивается, в отдельных точках достигая 1,2—1,5 г/л.

Наиболее глубоким водонасыщенным комплексом, вскрытым в Кемери, является толща, представленная песчаниками, мергелями, доломитовыми мергелями и синими пластичными глинами пярнуского и кемерского горизонтов среднего девона. По данным бурения скважины

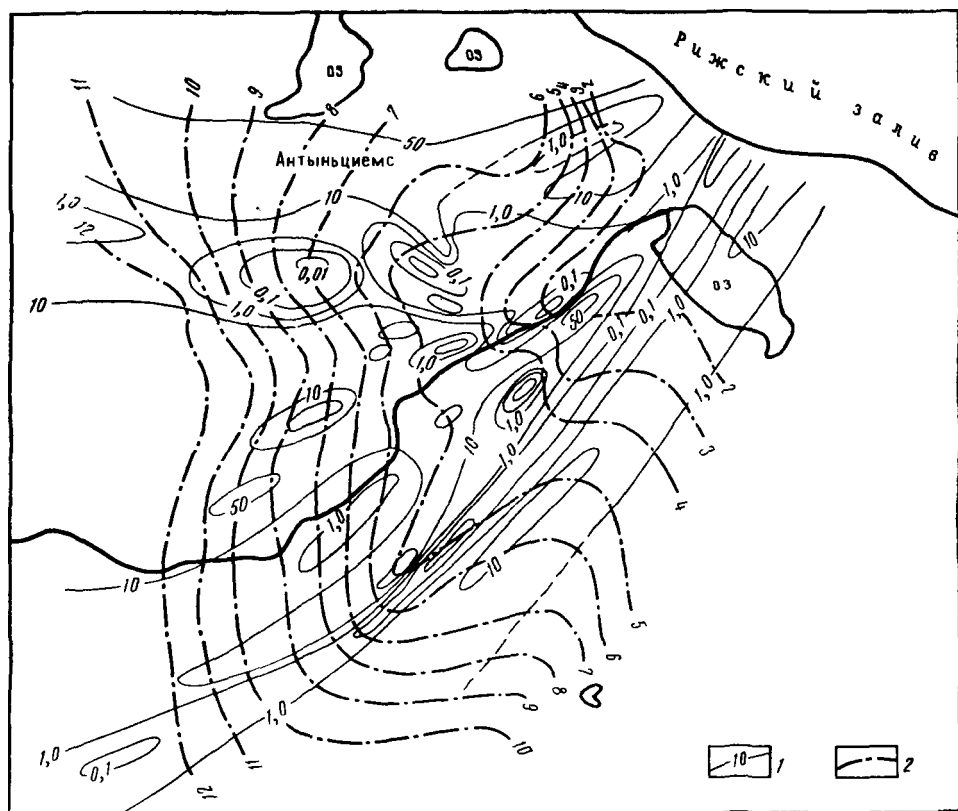


Рис. 30 Схема гидроизопьез и содержания сульфатредуцирующих бактерий в водах верхней части саргаевского водоносного горизонта района Кемери

1 — изолинии, показывающие минимальное количество воды (в мл), необходимое для обнаружения одной сульфатредуцирующей бактерии; 2 — гидроизопьезы

в 1949 г., эти отложения начинаются на глубине 396 м (бурение было прекращено в кемерских отложениях на глубине 527 м).

Пярнуско-кемерские воды хлоридно-натриево-кальциевые с повышенным содержанием  $\text{SO}_4$  (см. табл. 20). Воды горизонта используются для бальнеологических целей и как столовая вода для лечения желудочных заболеваний.

#### КУРОРТ БАЛДОНЕ

Курорт Балдоне находится в 32 км к юго-востоку от Риги в лесисто-холмистой местности. В Балдоне, как и на курорте Кемери, основными лечебными факторами являются сульфатно-кальциевые воды, содержащие  $\text{H}_2\text{S}$ , и лечебные торфяные грязи. Концентрация сероводорода в источниках Балдоне значительно ниже, чем в источниках курорта

Кемери. Если содержание сероводорода в используемых источниках Кемери превышает 20 мг/л, то в Балдоне около 6 мг/л, иногда даже менее 5 мг/л.

На курорте Балдоне сероводородные воды использовались уже в XV в. Наибольшую популярность курорт приобрел в начале XIX в. Развитие курорта связано с геолого-гидрогеологическими изысканиями, выполненными в 1937—1939 гг. группой сотрудников Института по изучению полезных ископаемых под руководством проф. Я. Витыньш.

Источник, с использования которого началось развитие курорта, находится на берегу небольшой р. Кекава. Этот источник заброшен, а воду для ванн курорт берет из скважин. Для района Балдоне характерно широкое развитие карста, проявляющегося на поверхности.

В окрестностях Балдоне много болот, однако в отличие от Кемери они сравнительно небольшие и не имеют сплошного распространения. Площадь самого большого из них, расположенного к северу от центра, примерно 80 га.

Геологическое строение района курорта сходно с геологическим строением Кемерского месторождения. Четвертичные отложения здесь представлены песком, преимущественно мелкозернистым, торфом и моренными суглинками. Общая мощность их в районе Балдоне колеблется от 4,5 до 20 м. Максимальная мощность моренных суглинков не превышает 6,5 м. Залегают они в основании четвертичной толщи. На отдельных участках слой моренных суглинков размыт и песок залегает непосредственно на дочетвертичных породах.

Грунтовые воды, приуроченные к пескам и торфяникам, частично дренируются р. Кекава. Значительная часть их инфильтруется вглубь в коренные породы, причем инфильтрации способствуют карстовые воронки. Воды пресные гидрокарбонатно-кальциевые. Минерализация их не превышает 0,3—0,4 г/л, лишь на отдельных участках (вблизи

Т а б л и ц а 27

## Характеристика балдонских сероводородных вод

Определения	Балдоне, ул. Лауку, № 12		
	мг/л	мг-экв	°-экв
Катионы			
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	1,8	0,1	0,3
Ca <sup>++</sup>	552,7	27,6	91,2
Mg <sup>++</sup>	31,5	2,6	8,5
С у м м а	586,0	30,3	100,0
Анионы			
Cl <sup>'</sup>	10,0	0,3	1,0
SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	1210,8	25,2	83,2
HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	294,6	4,8	15,8
С у м м а	1515,4	30,3	100,0
Минерализация	2101,4		
pH		7,1	
H <sub>2</sub> S	5,8		

речки) она увеличивается до 2—2,5 г/л. Последнее объясняется разгрузкой более минерализованных вод дочетвертичных отложений в р. Кекава и в четвертичные отложения на участках, к ней примыкающих.

Под четвертичными отложениями залегают породы бургесского, семилукского и саргаевского горизонтов. Породы саргаевского горизонта выходят на дочетвертичную поверхность в северной части месторождения.

Верхняя часть саргаевского горизонта, семилукские и бургесские доломиты содержат сульфатно-кальциевые воды с минерализацией по сухому остатку до 2,6 г/л (табл. 27). С этими водами связано образование балдонских сероводородных вод.

Воды, приуроченные к нижней части саргаевского горизонта, содержат сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые воды. На отдельных участках этой части горизонта встречаются гидрокарбонатно-сульфатные воды.

Уровни грунтовых вод севернее и северо-восточнее центра курорта Балдоне выше статических уровней вод дочетвертичных пород. Поэтому на упомянутых площадях грунтовые воды проникают в карбонатные отложения бургесского, семилукского и саргаевского горизонтов.

Анализы выполнены Центральной лабораторией УГиОН Латв. ССР 14/XI 1962 г., концентрация  $H_2S$  определена И. П. Галениевском.

### ФОРМИРОВАНИЕ СЕРОВОДОРОДНЫХ ВОД

Данные об изменении химического состава подземных вод в вертикальном и горизонтальном направлениях свидетельствуют о том, что область формирования сероводородных вод месторождений курортов Кемери и Балдоне в основном совпадает с областью их распространения.

Гидрогеологическая обстановка на месте формирования сероводородных вод отличается большой сложностью, а сами воды образуются в зоне активного водообмена при взаимодействии вод гипсоносной пачки саргаевского горизонта с грунтовыми водами и водами нижней части саргаевских отложений — доломитов. Уровни этих вод в подавляющей части района Кемери выше уровней вод, приуроченных к доломитовой пачке, но ниже грунтовых вод (рис. 31). По данным режимных наблюдений, уровни вод верхней части саргаевского горизонта на всей территории месторождения постоянно повторяют изменения уровней грунтовых вод. В верхней зоне свободного водообмена это свидетельствует о наличии и значительности питания вод гипсоносной пачки саргаевских отложений инфильтрующимися грунтовыми водами. Доказательством инфильтрации грунтовых вод вглубь и дополнительного питания верхней части саргаевского горизонта непосредственно на площади месторождения служит также химический состав подземных вод. В этих водах в районе Кемери во многих местах установлены значительные количества органических веществ (на окраинах месторождения и на смежных территориях органические вещества в водах отсутствуют). Эти вещества поступают в саргаевские воды вместе с грунтовыми водами, для которых в районе Кемери они являются специфическим компонентом. Характерно, что количество органических веществ в верхней части саргаевского водоносного горизонта меняется во времени, причем повышенное содержание отмечается в те периоды года, когда наиболее благоприятные условия для инфильтрации грунтовых вод, т. е. при их наиболее высоком стоянии.

При инфильтрации грунтовые воды приносят в гипсоносные породы саргаевского горизонта органические вещества, необходимые для под-

держания жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий. Концентрация органических веществ в грунтовых водах болот района месторождения обычно колеблется в широких пределах — от 30 до 120 мг  $O_2$  на 1 л (наиболее часто около 70 мг/л).

Данные о содержании сероводорода в водах гипсоносной пачки саргаевского горизонта и особенностях их химического состава позволяют говорить об образовании сероводорода в процессе биохимической сульфатредукции, связанной с жизнедеятельностью сульфатредуцирующих бактерий и восстановлением сульфатов.

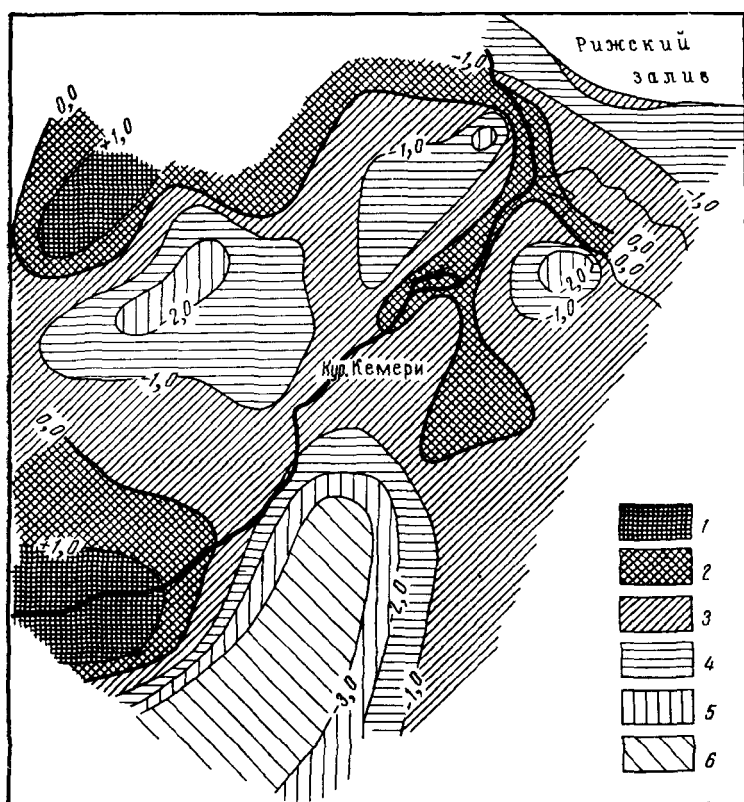


Рис 31 Соотношение пьезометрической поверхности верхней части саргаевского водоносного горизонта и зеркала грунтовых вод района Кемери по замерам на 22/IV 1958 г

Пьезометрическая поверхность верхней части горизонта, содержащего сероводородные воды выше зеркала грунтовых вод (в м) 1 — от 1,0 до 2,0, 2 — от 0,0 до 1,0 пьезометрическая поверхность верхней части горизонта ниже зеркала грунтовых вод, 3 — от 0,0 до 1,0; 4 — от 1,0 до 2,0, 5 — от 2,0 до 3,0, 6 — от 3,0 и более

Сульфатредукция изучена достаточно для суждения о том, при какой химической и биохимической обстановке она может иметь место. Интересны данные о зависимости концентрации сероводорода от количества органических веществ в водах.

Так, содержание сероводорода в районе Кемери соответственно составляет: при концентрации органических веществ до 10 мг  $O_2$  на 1 л 20 мг/л; от 10 до 30 мг  $O_2$  на 1 л 20—60 мг/л; более 30 мг  $O_2$  на 1 л максимальное (70 мг/л и более).

Вторым по значению фактором в условиях Кемери для сульфатредукции является наличие сульфатов. Сульфаты — характерный компо-

нент вод верхней (загипсованной) части горизонта, и за исключением ряда участков, приуроченных к сводовым частям поднятий, присутствуют в значительных количествах (25—40 мг-экв), т. е. их более чем достаточно для развития процессов сульфатредукции.

Приуроченность наибольшего количества сульфатредуцирующих бактерий (см. рис. 30) к местам высокого содержания сероводорода (50 мг/л и более, см. рис. 29) свидетельствует об образовании сероводорода в результате биохимической сульфатредукции.

Важное значение для сохранения и накопления сероводорода имеют условия перекрытия горизонта сероводородных вод. Наилучшими являются такие условия, при которых в этот горизонт затруднена инфильтрация вод, насыщенных кислородом.

В районах Кемери и Балдоне эти условия создают моренные суглинки, залегающие в основании четвертичных отложений. Кроме того, в районе Кемери сохранению сероводорода способствуют большие массивы торфяников.

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КУРОРТОВ

Кроме курортов Кемери и Балдоне на территории Латвийской ССР имеются курорты: Рижское взморье, Лиепая и ряд санаториев. Курорт Рижское взморье находится на узкой вытянутой полосе суши, заключенной между Рижским заливом и р. Лиелупе. Курорт Лиепая находится на берегу Балтийского моря у г. Лиепая.

В республике имеются все условия для развития уже существующих курортов и санаториев и строительства новых. Основным курортом, значение которого далеко выходит за пределы Латвии, является Кемери. Утвержденные запасы сероводородных вод с концентрацией более 20 мг/л только по разведанным участкам в радиусе до 3 км от центра Кемери по категории А+В составляют 1920 тыс. м<sup>3</sup>/сутки и в районе Яункемери по категории С<sub>1</sub> 1000 м<sup>3</sup>/сутки. При необходимости эксплуатационные запасы сероводородных вод могут быть увеличены за счет вовлечения в эксплуатацию перспективных участков, также содержащих сероводородные воды повышенной концентрации. Однако уже подсчитанные запасы допускают строительство в Кемери новых санаториев, разрешающих принять в шесть раз больше больных, чем в настоящее время.

Кроме сероводородных вод значительное расширение курорта Кемери допускают и большие запасы лечебных торфяных и сапропелевых грязей и хлоридно-натриевых вод с минерализацией 4,5—5,5 г/л. В случае необходимости возможно получить рассолы с минерализацией около 100 г/л. Предполагается, что в рассолах будут присутствовать также значительные количества брома.

Развитие курорта Балдоне может быть осуществлено за счет использования минеральных вод хлоридно-натриевого типа с минерализацией 5—7 г/л и торфяных грязей. Однако развитие курорта за счет более интенсивного использования сероводородных вод невозможно, так как присутствие в этом районе сероводородных вод с концентрацией более 10 мг/л в объемах, допускающих значительное увеличение количества ванн с этой водой, маловероятно. Основанием для подобного предположения служит то, что в районе курорта Балдоне сильно развит карст, а площадь, занятая болотами, во много раз меньше, чем в районе Кемери. При образовании провалов над карстовыми пустотами нарушается водоупор, отделяющий саргаевский водоносный горизонт, содержащий сероводород, от грунтовых вод. Через провалы большие массы грунтовых вод, обогащенных кислородом, переливаются в сар-

гаевский горизонт. Это должно способствовать окислению образующегося сероводорода и уменьшению его концентрации.

Развитие курорта Рижское взморье возможно осуществить путем более широкого использования хлоридно-натриевых вод с минерализацией 5,5—8 г/л и лечебных сапропелиевых грязей оз. Бабитес. Здесь могут быть получены и рассолы со значительным содержанием брома и других компонентов.

Использование хлоридно-натриевых вод различной минерализации и лечебных грязей позволит увеличить количество коек и в других санаториях Латвии (Личи, Межциемс, Лиепая, Цирулиши и др.) или построить новые.

## ОХРАНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В Латвийской ССР бурением скважин на воду до 1955 г. занимались различные строительные организации республиканского и союзного подчинения, не имевшие ничего общего с геологией. Бурение скважин большей частью производилось без проектов, отчетная документация по ним не составлялась. Кроме строительных организаций, бурением скважин занимались некоторые промышленные и сельскохозяйственные предприятия, нанимая для этого частных лиц. Поэтому усилия гидрогеологов Латвии были направлены главным образом на сокращение количества организаций, ведущих работы по сооружению эксплуатационных скважин на воду, и учет пробуренных и вновь сооружаемых скважин.

Для упорядочения этих работ в республике в 1955 г. был организован трест Латбурвод, которому были переданы все работы по бурению артезианских скважин.

В 1958 г. трест Латбурвод был упразднен, и с этого времени бурение эксплуатационных скважин производит Управление геологии и охраны недр при Совете Министров Латвийской ССР, а с 1960 г. и объединение «Латвсельхозтехника».

Охраной подземных вод на территории Латвийской ССР до 1959 г. занимались лишь органы государственной санитарной службы, внимание которых было направлено исключительно на контроль за санитарным состоянием водозаборов и соблюдением их владельцами требований инструкций по содержанию зон санитарной охраны.

Охраной подземных вод в полном смысле этого слова на территории Латвии начали заниматься после выхода в свет постановления Совета Министров СССР № 1036 от 4 сентября 1959 г. «Об усилении государственного контроля за использованием подземных вод и о мероприятиях по их охране» и принятия соответствующего постановления Советом Министров Латвийской ССР (№ 26 от 23 января 1960 г.).

Первоначально контроль за использованием подземных вод производился геологическим отделом Управления геологии и охраны недр, а в дальнейшем эти функции были возложены на Латвийскую гидрогеологическую станцию.

Управлением обследованы водозаборы и артезианские скважины в наиболее крупных городах Латвии: Риге, Вентспилсе, Лиепае, Цесисе, Елгаве и др. При обследовании скважин проверено их техническое состояние, выполнение предприятиями и организациями, эксплуатирующими водозабор, обязанностей, возложенных на них положением о порядке использования и охраны подземных вод на территории СССР, и произведен учет водоотбора. В случае необходимости владельцам водозаборов давались рекомендации по их эксплуатации. В 1963 г. произведено повторное обследование водозаборов в Лиепае, Цесисе,



Вентспилсе, Елгаве, а также отдельных эксплуатационных скважин в Бауском, Тукумском, Даугавпилсском и в других районах. Систематически контролируется работа эксплуатационных скважин на крупных предприятиях Риги. Проведена работа по выявлению артезианских скважин, пробуренных без разрешения.

По централизованным водозаборам установлено, что водозабор г. Вентспилса состоит из семи артезианских скважин, эксплуатирующих воды тартуских песчаников и частично четвертичных отложений. Скважины исправны. Водомер установлен только на одной скважине. Из скважин водозабора 2—4 раза в месяц отбираются пробы на бактериологический анализ и железо. Систематически ведутся наблюдения за изменением уровней в эксплуатационных и наблюдательных скважинах. По химическому составу вода отвечает требованиям ГОСТ на питьевую воду, за исключением железа, содержание которого в отдельных скважинах периодически меняется от 0,3—0,7 до 2—7 мг/л. Увеличение содержания железа на этом водозаборе совпадает с повышением уровней грунтовых вод зимой во время оттепелей или летом во время дождей. Очевидно, воды тартуского горизонта обогащаются железом путем инфильтрации грунтовых вод. Обогащение грунтовых вод железом идет за счет вымывания его из почв и последующей инфильтрации.

Водозабор в г. Цесис осуществляется тремя артезианскими скважинами, эксплуатирующими воды швентойско-тартуского водоносного комплекса. Общая протяженность водозабора 1,7 км. Вода качественная, подается в сеть без предварительной подготовки. В связи с тем, что центральный водозабор полностью не удовлетворяет потребности города в воде, на крупных предприятиях Цесиса (маслозаводе, пивоваренном заводе, мясокомбинате, кирпичном заводе, АТК и др.) имеются артезианские скважины. На территории г. Цесис у ряда организаций наряду с технически исправными имеются и технически неисправные скважины, способствующие загрязнению эксплуатируемого водоносного горизонта. Например, скважина Цесисской средней школы, где систематически отмечается низкий колититр, а также присутствие аммиака, нитратов и нитритов. Причиной загрязнения является попадание в скважину поверхностных вод через оголовок, а возможно, и проникновение загрязненных вод из выше расположенного горизонта, приуроченного к доломитам саргаевского горизонта. Проверкой установлены факты нарушения предприятиями Цесиса требований, предъявляемых к содержанию зон санитарной охраны, а также отсутствие журналов учета работы скважин.

Водозабор г. Лиепая находится восточнее оз. Лиепаяс.

Он состоит из четырех артезианских и 20 наблюдательных скважин, эксплуатирующих воды данковско-елецкого водоносного комплекса. Водозабор находится в стадии строительства, и в эксплуатацию введены только две скважины. Подавляющая часть населения и все предприятия города питаются децентрализованным путем от собственных артезианских скважин.

В Лиепеае около 1100 скважин, из которых примерно 35% вышли из строя, заброшены и подлежат ликвидации. Значительная часть из них находится в антисанитарном состоянии и способствует загрязнению подземных вод. Загрязнение отмечается преимущественно там, где одним из элементов каптажа является шахта. Глубина шахт достигает 2—3 м и более. В большинстве случаев дно их покрыто водой, которая через ствол скважины попадает в эксплуатируемый горизонт. С 1962 г. Управлением геологии при Совете Министров Латвийской ССР производится тампонаж этих скважин за счет их владельцев, для чего организован специальный тампонажный отряд. В 1964 г. этим

отрядом затампонировано 270 скважин. Остальные вышедшие из строя и заброшенные скважины намечено затампонировать в 1965 г. Для учета количества подаваемой в город воды на скважинах водозабора установлены водомеры. Эксплуатационные скважины устройствами для наблюдений за изменением динамического уровня не оборудованы, поэтому замеры уровней производятся только в наблюдательных скважинах. На водозаборе осуществляется постоянный лабораторный контроль за качеством подаваемой в сеть воды. По материалам проверки Тресту водопровода и канализации г. Лиепая даны указания об устранении нарушений положения о порядке использования и охраны подземных вод.

Для централизованного водоснабжения населения Риги используются грунтовые воды четвертичных отложений и в небольшом количестве артезианские воды, приуроченные к швентойско-тартускому водоносному комплексу. Подача грунтовых вод в сеть производится тремя сифонными водозаборами, расположенными восточнее Риги. Водозабор артезианских вод находится вблизи южной окраины города. Вода бактериологически чистая, по химическому составу соответствует нормам на питьевую воду, подается потребителю без очистки. Исключением является водозабор артезианских вод, где в отдельных скважинах содержание железа превышает 1 мг/л. Наблюдается также увеличение содержания железа в напорном трубопроводе по мере движения воды к потребителю. В этом трубопроводе на участке протяженностью 4 км концентрация железа увеличивается до 4,5—6 мг/л и более. Исследованием причин увеличения железа в трубопроводе занимались: лаборатория коррозии металлов Института химии АН Латвийской ССР, Институт микробиологии АН Латвийской ССР и Академия коммунального хозяйства. Было выяснено, что причиной этого являются появившиеся в трубах железобактерии, жизнедеятельность которых вызывает усиленную коррозию внутри водопроводных труб. По рекомендации Академии коммунального хозяйства на водозаборе строится обезжелезывающая установка с целью уменьшения содержания железа и предотвращения поступления в напорный трубопровод железобактерий. На всех водозаборах Риги имеются огороженные зоны санитарной охраны, производятся систематические наблюдения за изменением уровней в эксплуатационных скважинах и скважинах режимной сети, за качественным составом воды. На каждом водозаборе ведется журнал, регистрирующий количество воды, подаваемой в сеть в целом по водозабору. Водомеры на каждой отдельной скважине не установлены. Эксплуатационные запасы грунтовых вод на существующих водозаборах исчерпаны, водозаборы работают с перенапряжением. Во избежание истощения запасов грунтовых вод на этих участках и нормализации их работы поставлен вопрос о небольшом сокращении отбора воды.

В пределах курорта Рижское взморье г. Юрмала водопровода для централизованного водоснабжения не имеется, поэтому население и санатории обеспечиваются водой из абиссинских колодцев и артезианских скважин, находящихся в ведении горисполкома, санаториев и предприятий. Абиссинскими колодцами используется горизонт грунтовых вод, артезианскими — воды швентойско-тартуского водоносного комплекса. Помимо действующих скважин на территории города-курорта имеется большое количество вышедших из строя незатампонированных скважин. Возраст некоторых из них 60—80 лет.

Горизонт грунтовых вод на большей застроенной части Рижского взморья загрязнен, вода во многих случаях имеет желтый цвет и неприятный привкус вследствие присутствия больших количеств органиче-

ских веществ. Водоупор, отделяющий грунтовые воды от напорных швентойско-тартуских вод, представленный слоем моренных суглинков, мощностью не превышающей 5—8 м, артезианскими скважинами нарушен. При этом вышедшие из строя и заброшенные скважины являются каналами, по которым загрязненные грунтовые воды наиболее легко переливаются в глублежащие горизонты. В связи с этим в последние годы в густонаселенной части г. Юрмалы (Дзинтари, Майори, Дубулты) наблюдается периодическое загрязнение швентойско-тартуского водоносного комплекса. Особенно это заметно в летний период, когда количество отбираемой артезианской воды из-за притока отдыхающих на Рижском взморье резко возрастает. После дачного сезона и сокращения работы санитариев бактериальный состав воды улучшается.

Бактериальное загрязнение подземных вод установлено также в восточной части Латвии в районе городов Балвы и Резекне. В Балвы загрязненным оказался водоносный горизонт, приуроченный к бурегским, семилукским и саргаевским доломитам верхнего девона, перекрытым плащом моренных суглинков мощностью до 25—40 м. Проверкой установлено, что загрязнение водоносного горизонта произошло из-за отсутствия зон охраны у артезианских скважин городской больницы и совхоза «Балвы», расположенных выше по потоку, а также загрязненности шахт, где расположены насосы, и негерметичности оголовков скважин. Аналогичные причины загрязнения межморенного горизонта в г. Резекне.

Бактериальное загрязнение артезианских вод было установлено на отдельных участках в Цесисском районе. Например, на территории совхоза им. Фабрициуса канализационные воды птицефермы совхоза сбрасывались в доломиты саргаевского горизонта. В качестве поглощающего колодца была использована карстовая воронка. В эту же воронку сбрасывал сточные воды и Лигатненский маслозавод, расположенный вблизи птицефермы. Органами охраны подземных вод республики приняты меры по прекращению сброса сточных вод в карстовую воронку.

Во время Великой Отечественной войны произошло загрязнение вод саргаевского горизонта в самом г. Цесисе. Был нарушен водоизолирующий слой, перекрывающий водоносный горизонт, при устройстве доломитового карьера на окраине города. Из-за этого Государственная санитарная служба запретила использование вод саргаевского горизонта для централизованного водоснабжения г. Цесиса. Для обеспечения населения города качественной водой в 1952 г. построен новый водозабор, эксплуатирующий воды швентойско-тартуского водоносного комплекса.

Химическое загрязнение подземных вод произошло на территории г. Лиепая; из-за интенсивной эксплуатации данковско-елецкого водоносного комплекса в него начали поступать морские воды, в результате минерализация вод комплекса в наиболее глубокой части депрессионной воронки — центральной части города — превышает 4 г/л. Благодаря принятым мерам по сокращению отбора воды из этого горизонта прекратилось дальнейшее углубление депрессионной воронки, а в связи с этим и засоление данковско-елецкого водоносного комплекса морской водой.

Вызывает опасение прогрессирующее развитие депрессионной воронки в пьезометрической поверхности вод швентойско-тартуского водоносного комплекса на территории Риги. В северном направлении эта воронка ушла уже в пределы Рижского залива. Учитывая отсутствие надежного водоупора в этой части воронки, в будущем можно ожидать проникновение соленых морских вод в более глубокие слои швентойско-тартуского водоносного комплекса.

Несмотря на большую работу по предотвращению загрязнения рек и озер, еще во многих местах на территории Латвии продолжается сброс неочищенных или недостаточно очищенных промышленных стоков в открытые водоемы. Суммарное количество стоков, сбрасываемых в реки и озера Латвийской ССР, около 400 млн. м<sup>3</sup>/год.

Целлюлозно-бумажный комбинат «Слока», расположенный в западной части города-курорта Юрмала, без достаточной очистки сбрасывает сточные воды в р. Лиелупе. Это привело к гибели рыб в низовьях р. Лиелупе и ухудшило санитарные условия в районе Рижского взморья. В р. Лиелупе сбрасываются стоки многими промышленными предприятиями г. Елгавы, в том числе и сахарным заводом.

Сброс промышленных и хозяйственно-бытовых стоков отразился на окисляемости, а также на содержании кислорода и биогенных элементов в воде. Так, средняя окисляемость в районе Рижского взморья повышается до 21,5—27,6 мг О<sub>2</sub> в 1 л, наибольшая ее величина ниже Слокского целлюлозно-бумажного комбината до 29,2—35,4 мг О<sub>2</sub> в 1 л (у левого берега). Биологическая потребность кислорода (БПК) при этом превышает санитарно допустимые нормы. Между населенным пунктом Слока и устьем р. Лиелупе в конце зимы 1963 г. в воде отмечалось отсутствие кислорода. Содержание ионов аммония колебалось от 0,03 до 2,74 мг/л, нитратных ионов от 0 до 10 мг/л и нитритных ионов от 0 до 0,39 мг/л.

Речка Лигатне, озера Юглас и Кишэзерс загрязняются промышленными отходами бумажных фабрик, расположенных на их берегах. Кроме того, воды названных озер загрязняются другими предприятиями.

Вызывает опасения состояние вод р. Даугавы, ухудшение качества которых можно ожидать после начала работы таких крупных предприятий, как Полоцкий нефтеперерабатывающий завод, Даугавпилсский завод синтетического волокна и ряд других заводов, намеченных к строительству.

Исследования, выполненные Институтом геологии г. Риги, показали, что наибольшее загрязнение вод р. Даугавы наблюдается в районе городов Даугавпилс, Ливаны и Рига, где в отдельные периоды года содержание кислорода в воде снижается до минимума. В зависимости от загрязнения промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками изменяется окисляемость, содержание свободной углекислоты, биогенных элементов и некоторых других показателей химического состава воды. До настоящего времени в Риге нет общегородских очистных сооружений. Взамен их в районах города: Югле, Яунмилгрависе и в Московском действуют районные очистные сооружения.

Для улучшения санитарного состояния вод открытых водоемов и особенно таких крупных рек Латвии, как Даугава, Лиелупе и Гауя, в последние годы построены районные очистные сооружения в городах Сигулда, Юрмала, Даугавпилс и др. Органами охраны подземных и поверхностных вод принимаются меры по развитию строительства очистных сооружений в республике.

## Глава V

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

За последние годы в Латвийской ССР накопилось много данных об инженерно-геологических исследованиях стройплощадок крупных промышленных предприятий, жилых массивов и отдельных жилых домов, дорог, мостов и т. д.

Большой вклад в изучение инженерно-геологических условий и в том числе инженерно-геологических свойств внесли А. Ф. Мутуль (1939, 1942, 1959, 1960, 1961), В. Я. Стапренс (1954, 1956, 1957, 1959, 1960), Е. Н. Спрингис (1959) и А. Я. Зобена (1961). Последней впервые в республике проведено крупномасштабное инженерно-геологическое картирование значительного участка территории, важного в народно-хозяйственном отношении (район окрестностей Риги).

Наряду со специальными работами богатый материал по инженерной геологии дают также многолетние общегеологические исследования территории Латвийской ССР.

### ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Территория Латвийской ССР отличается многообразием форм рельефа и распространением различных геолого-генетических комплексов пород. Характер рельефа и геологическое строение определяют специфику инженерно-геологических условий различных районов и интенсивность проявления физико-геологических процессов.

На территории Латвийской ССР распространены четвертичные породы всех оледенений, известных на северо-западе Европейской части СССР.

Мощность четвертичного покрова изменяется от нескольких метров в пределах речных долин до 150—180 м на возвышенностях или до 200—300 м на участках глубокой ледниковой экзарации и древних форм размыва.

В пределах низменностей и речных долин близко от земной поверхности залегают дочетвертичные породы. Большая часть населенных пунктов и городов на территории республики размещены по склонам речных долин.

Толща четвертичных образований согласно инженерно-геологическому подразделению относится к «поверхностным» отложениям, а подстилающие их дочетвертичные — к породам «коренной основы».

При районировании территории Латвийской ССР для инженерно-геологических целей применены принципы, разработанные И. В. Поповым.

Для инженерно-геологического районирования исходными считаются те факторы, которые определяют прочность и устойчивость породы в основаниях различных инженерных сооружений. Прочность породы зависит от тектонического режима данного ареала седиментации и от петрографического состава.

Наиболее крупные таксономические подразделения — регионы — на инженерно-геологической карте выделяются по структурно-тектоническим признакам. Крупные структурные элементы, выделенные по строению кристаллического фундамента (южный склон Балтийского щита, Латвийская седловина, северо-западный склон Белорусско-Литовского выступа фундамента, северо-восточная часть Балтийской синеклизы), для инженерно-геологической характеристики территории играют подчиненную роль, и на первый план выступает более поздняя тектоническая структура девонского времени.

На основании данных геофизики и глубокого бурения А. Ш. Файтельсон (1962) в девонской структуре Прибалтики выделяет Литовско-Латвийский прогиб, заполненный мощной толщей девонских, в основном карбонатных отложений. Северное крыло Литовско-Латвийского прогиба постепенно поднимается в сторону южного склона Балтийского щита, а в юго-восточной части к северо-западному склону Белорусско-Литовского выступа фундамента.

На территории республики можно выделить два инженерно-геологических региона: I и II, в значительной степени отличающихся историей геологического развития, условиями залегания и литологическим составом осадочных пород коренной основы.

Петрографический состав четвертичных образований зависит от состава и распределения пород коренной основы, мощности, динамичности, разрушающего действия и распределения ледниковых масс и последовательно-талых вод. Разные генетические типы четвертичных пород и в том числе петрографические разновидности находят отражение в различных формах рельефа. Поэтому при более подробном инженерно-геологическом подразделении территории в дальнейшем кроме тектонического принципа за основу принимается и геоморфологический принцип. Более мелкой таксономической единицей районирования является область, характеризующая сочетание однообразных геоморфологических элементов на больших площадях.

На территории Латвийской ССР при инженерно-геологическом районировании для составления схемы масштаба 1 : 1 000 000 выделено семь областей:

Западно-Латвийская низменность, Западно-Латвийские возвышенности, Северо-Латвийская низменность, Средне-Латвийская низменность, Средне-Латвийские возвышенности, Восточно-Латвийская низменность, Восточно-Латвийская возвышенность.

Характеристика инженерно-геологических условий приводится ниже.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ И ОБЛАСТЕЙ

К I региону относится Литовско-Латвийский девонский прогиб, занимающий центральную и юго-западную части Латвии. Северная граница региона в восточной части республики примерно совпадает с границей южного склона Балтийского щита, в западной части граница проходит значительно южнее границы склона Балтийского щита и примерно совпадает с границей распространения под четвертичным покровом отложений верхней терригенной формации конца среднего и начала

верхнего девона. Южная граница I региона проходит севернее г. Даугавпилс, затем продолжается в юго-западном направлении на территории Литовской ССР, к востоку продолжается за пределами республики и граничит с регионом Московской синеклизы. Регион отличается наиболее полным разрезом пород коренной основы от палеозойских до мезозойских.

В восточной части I региона кристаллический фундамент представляет собой пологую синклиналь с плоским дном, глубина залегания кровли кристаллического фундамента 700—1000 м. Амплитуда опускания фундамента здесь примерно 300 м. В западной части региона поверхность докембрийского фундамента лежит на глубине 1200—1900 м ниже уровня моря.

I инженерно-геологический регион включает область Средне-Латвийской низменности, основную часть Западно-Латвийской низменности (кроме северной), почти всю область Западно-Латвийских возвышенностей, основную часть области Средне-Латвийских возвышенностей, область Восточно-Латвийской низменности и северную часть Восточно-Латвийской возвышенности.

В пределах региона, кроме побережья моря, современный рельеф образовался при экзарационно-аккумулятивной деятельности ледника, особенно последнего (вюрмского).

Область Средне-Латвийской низменности характеризуется ровным рельефом с невысокими абсолютными отметками (до 10 м). Только восточная часть Средне-Латвийской низменности (Средне-Латвийская покатость) отличается разнообразным рельефом.

Абсолютные отметки поверхности меняются от 90—110 м на востоке до 15—20 м на западе. В восточной части Средне-Латвийской покатости наблюдается пологоволнистый рельеф основной морены, на западе на ее неровную поверхность насажены лимногляциальные и флювиогляциальные песчаные аккумулятивные равнины, а в районе курорта Балдоне, у пос. Скайсткалне — камовые холмы с заболоченными впадинами. Для этой области весьма характерно широкое развитие озовых гряд — Б. Кангари, М. Кангари, оз у ст. Тауркалне, у г. Варакляны и др. Некоторые из озоев очень крупные. Например, по данным Э. К. Улпе (1956), оз. Б. Кангари имеет высоту 20 м, ширину в основании 100 м, а крутизна его склонов достигает 24°. Кроме того, рельеф Средне-Латвийской покатости осложняется в северной части перигляциальными желобами стока, в южной части воронками карстового происхождения, а в районе долины р. Даугавы — древними дюнами.

Область Западно-Латвийской низменности примыкает к Балтийскому морю, характеризуется небольшими абсолютными отметками (до +70 м) и слаборасчлененным рельефом. В ее составе выделяются Приморская низменность, Вентско-Усминская впадина и Южно-Курземская низменность. В пределах Приморской низменности сильно расчлененная поверхность коренных пород перекрывается довольно мощной толщей четвертичных отложений. Низменность представляет собой аккумулятивную равнину Балтийского ледникового озера и Литоринового моря, которая местами переходит в абразионную равнину, сложенную преимущественно моренными суглинками. Однообразный рельеф равнины нарушается большим количеством береговых валов, кос и уступов, а также дюнами. За дюнами и валами местами сохранились остатки древних лагун (оз. Липаяс).

Вентско-Усминская впадина представляет собой озерно-ледниковую аккумулятивную равнину, сложенную в основном песчаными отложениями, с абсолютной высотой поверхности 30—50 м.

Южно-Курземская низменность располагается на пологом поднятии коренных пород и представляет собой моренную равнину, разделенную перигляциальными желобами стока талых вод на ряд сильно-вытянутых плоских валов с абсолютной высотой до 90 м.

В I регион входит почти вся область Западно-Латвийских возвышенностей, кроме Северо-Курземской возвышенности. Западно-Курземская возвышенность имеет абсолютную высоту 60—180 м. В средней, пониженной части возвышенности располагается лимногляциальная аккумулятивная равнина, но почти всю остальную площадь возвышенности занимают холмистые образования, сложенные в основном флювиогляциальным песчано-гравийным материалом. Относительная высота холмов 15—30 м. В южной части рельеф расчленен рядом долин стока талых вод (реки Дурбе — Варта).

В Восточно-Курземской возвышенности абсолютные отметки поверхности несколько ниже (80—150 м). Рельеф ее более ровный, сложена она моренными и лимногляциальными отложениями. В восточной части возвышенности располагается полоса моренных и флювиогляциальных холмистых образований. На севере и востоке возвышенность пересекается глубокими перигляциальными долинами, например долиной р. Абавы.

Из области Средне-Латвийских возвышенностей в I регион входят Центральное-Видземская возвышенность, Гулбенский вал и северная часть Селийского вала. Центральное-Видземская возвышенность — наиболее крупная возвышенность республики, орографически в ней выделяются три более высокие полосы северо-восточного простираения, разделенные двумя понижениями, в которых располагаются верховья рек Гауи и Огре. Холмистые образования имеют очень разнообразную форму, наибольшей высоты они достигают в восточной и юго-восточной частях возвышенности (Гайзинькалн, 312 м). Речные долины в пределах возвышенности слабо врезаны, в основном они приурочены к межхолмным понижениям и перигляциальным долинам. Межхолмные впадины и крупные понижения часто заняты озерами. По краям возвышенности развиты морфологически хорошо выраженные перигляциальные долины (ст. Дзелзава, г. Мадона и др.).

Гулбенский вал связывает Восточно-Видземскую и Центральное-Видземскую возвышенности. Он сложен ледниковыми сравнительно плоскими холмами, на вершинах которых абс. отметки достигают 178 м.

Селийский вал имеет абс. высоту 100—120 м, максимальная высота 167 м. Он сложен в основном лимнокамами, в южной части они образуют взаимно перпендикулярные гряды, которые разделяются болотами и небольшими озерами.

Область Восточно-Латвийской низменности отличается от других низменностей республики высокими абсолютными отметками поверхности (90—120 м). В I регион входит Вилянско-Крустпилсская приподнятость, Лубанская равнина и южная часть Северо-Латгальской приподнятости.

Вилянско-Крустпилсская приподнятость повторяет рельеф пород коренной основы, последний перекрыт маломощным покровом моренных суглинков с небольшими участками насаженной лимногляциальной равнины, с плоскими лимногляциальными валами и крупной Ляудонско-Трепской грядой, сложенной флювиогляциальным материалом. Местами гряда переходит в лимнокам. В пределах области Восточно-Латвийской низменности много моховых болот.

Лубанская равнина — очень ровная местность с абсолютными отметками примерно 90 м. Средняя ее часть сложена лимногляциальными отложениями, а края — размытыми с поверхности моренными суглин-



ками. Вдоль р. Педедзе в ее нижнем течении располагается массив древних дюн.

Северо-Латгальская приподнятость представляет собой пологоволнистую равнину перемытой донной морены с отдельными озами и рядом водно-ледниковых гряд, например Нумернская гряда высотой до 30 м.

К I региону относится часть области Восточно-Латвийской возвышенности — северная часть Латгальской возвышенности, характеризующаяся очень разнообразными холмистыми формами с абс. высотами 120—250 м. Местами наблюдаются пологохолмистые и волнистые участки. Возвышенность во многих местах расчленена широкими понижениями типа перигляциальных долин, например долина р. Резекне ниже г. Резекне, долина р. Малты и др. Склоны возвышенности, особенно западные, очень резкие. Пересекая эти склоны, современные реки образуют глубокие V-образные долины, хотя вообще хорошо выраженных современных долин на возвышенности мало, так как реки используют межхолмные впадины и древние долины и обычно врезаны слабо.

Четвертичные отложения в пределах I региона имеют различную мощность — от нескольких десятков сантиметров в Лубанской равнине до 150—180 м на Центральном-Видземской возвышенности. Максимальные мощности наблюдаются на возвышенностях (г. Талсы 62 м, ст. Стирна 50 м, гора Криевкалнс более 100 м, на Латгальской возвышенности обычно 50—70 м, но иногда до 100 м и более). На склонах возвышенности мощности значительно уменьшаются, например на склонах Центральном-Видземской возвышенности в сторону Лубанской равнины и в пределах Соединенно-Латвийской покатости мощность четвертичных отложений в основном 13—20 м (нас. п. Ледмане более 17 м, хут. Добелниеки около 15 м). Большие мощности наблюдаются в местах древних эрозионных врезов в кровле пород коренной основы (устевая часть р. Даугава 50—60 м, Меллужи 111 м, Вайвари более 190 м). Не выяснен пока характер депрессии в дочетвертичных породах у населенного пункта Руцава, где мощность четвертичных отложений достигает 115 м.

В области Соединенно-Латвийской низменности рельеф пород коренной основы ровный и мощность четвертичной толщи небольшая (только в южной части области превышает 20 м). Особенно тонкий четвертичный покров наблюдается в долинах рек Огре (1,4—5,0 м), Лиелупе, Мемеле, Муса, Иецава (примерно 2,5 м), а также в окрестностях Калнциемс, Слока и Кемери (до 4,5 м), к юго-западу от ст. Мейтене (5,5 м).

В I регионе развиты все формации и геолого-генетические комплексы отложений, распространенные в республике. Четвертичный покров представлен главным образом ледниковым, флювиогляциальным и лимногляциальным геолого-генетическими комплексами формации вюрмского оледенения, аллювиальным, болотно-озерным и эоловым геолого-генетическими комплексами отложений послеледниковой континентальной формации, геолого-генетическими комплексами отложений литоринового моря и отложениями современной стадии Балтийского моря морской голоценовой формации.

Болотно-озерный геолого-генетический комплекс (I, pQ<sub>IV</sub>) представлен торфом различной степени разложения, а также илами и сапропелями, иногда пресноводными известковистыми отложениями. Почти все отложения комплекса относятся к инженерно-геологической группе органо-минеральных пород, кроме пресноводных известковистых отложений, которые относятся к группе полускальных пород.

Отложения болотно-озерного комплекса развиты в основном в северной части области Средне-Латвийской низменности (болота Медема, Ценас, Тирелис, Залаяс, Рагану, Слокас и т. д.), в Лубанской равнине

(болота Тейчу. Лиелайс, Кнову, Лиелтучу, Криеву и др.), к северо-западу от г. Карсава, а также в заболоченных низинах и межхолмных впадинах; например, между городами Крустпилс и Плявиняс мощность торфа в заболоченных низинах достигает 3—6 м. Широкому развитию болот в Лубанской равнине и Средне-Латвийской низменности способствует незначительный уклон поверхности и плохая водопроницаемость лимногляциальных и моренных отложений. Мощность торфа сильно варьирует: у оз. Бабитес 1,6 м, на болоте Заляйс 6 м, Ценас и Тирелис до 7 м, а на болоте Баяру даже 11 м. Кроме крупных болотных массивов, отложения болотно-озерного комплекса развиты местами на поймах и в староречьях; например, в районе Майори — Дубулты болотные отложения на пойме р. Лиелупе достигают мощности 1,5 м.

На Латгальской возвышенности отложения болотно-озерного комплекса в основном располагаются в узких долинах между холмами. Реже встречаются болотно-озерные отложения на Центрально-Видземской возвышенности. Местами болотно-озерные отложения представлены пресноводной известью (в устьевой части р. Малты, в окрестностях населенных пунктов Ляудона, Берзпилс и др.).

Оловый геолого-генетический комплекс (*eoI Q<sub>IV</sub>*) представлен в основном кварцевыми (содержание кварца ~90%) мелкозернистыми, реже тонко- или среднезернистыми хорошо отсортированными песками средней плотности с хорошо выраженной слоистостью, типичной для этих отложений. Отложения этого комплекса довольно широко развиты в пределах I региона. Они в основном приурочены к прибрежной зоне Балтийского моря (к югу от г. Лиепая) и Рижского залива (Рижское взморье), кроме того, имеются в центральной части региона — к югу от ст. Инчукалнс, восточнее курорта Балдоне и т. д.

Аллювиальный геолого-генетический комплекс (*al Q<sub>IV</sub>*) представлен главным образом песками различной крупности, часто глинистыми или пылеватыми и гравелистыми с гравием, плохо окатанной галькой и валунами, а на поймах и в старицах — иловатыми песками с прослойками торфа, сапропеля, ила. Отложения аллювиального комплекса относятся к различным инженерно-геологическим группам пород: песчаным, грубообломочным несвязным, песчаным со связными, связным с песчаными, а также органо-минеральным. Инженерно-геологические свойства отложений этого комплекса пока изучены слабо, но необходимо отметить очень большое разнообразие в строении толщи аллювиальных отложений, а вместе с тем и их различные инженерно-геологические свойства. Аллювиальный гравий местами обладает меньшей морозостойкостью, чем гравий флювиогляциальных и других месторождений; так, потеря в весе для месторождения Гаркалне составляет 5,2%, а для месторождения Саласпилс 8,5%.

Отложения аллювиального комплекса наиболее широко распространены в долинах крупных рек. Большая часть этих рек принадлежит к бассейну р. Даугавы (Огре, Персе, Айвиекте, Педедзе), р. Лиелупе, р. Венты или имеет сток в оз. Лубана (реки Резекне, Малта). Кроме того, северо-западную часть региона пересекает низовье р. Гауи. Мощность аллювиальных отложений различна (у Ремберге аллювиальные отложения р. Гауи имеют мощность 13,3 м, а в древней долине у г. Сигулда более 55 м). Мощность аллювия р. Даугавы в основном небольшая (в районе ст. Саулкалне всего несколько десятков сантиметров, на левом берегу у Кегумской ГЭС 2—5 м).

К геолого-генетическому комплексу отложений современной стадии Балтийского моря (*m Q<sub>IV</sub>*) относятся мелкозернистые хорошо отсортированные пески, реже крупнозернистые пески и гравий, слагающие узкую (порядка нескольких сотен метров) полосу у берега моря,

поэтому на инженерно-геологической карте масштаба 1:1 000 000 распространение данного комплекса не отражено.

Геолого-генетический комплекс отложений литоринового моря (*m* Q<sub>IV</sub>) представлен тонко- и мелко-, иногда среднезернистыми песками с прослоями галечника и гравелистого песка. Пески обычно пылеватые, с редкими линзами слабозаиленных песков и прослоями сапропеля, гиттии и торфа.

Песчаные породы морской голоценовой формации отличаются значительной однородностью. Изредка среди морских песчаных отложений встречаются пльвуны (вследствие содержания дисперсного органического вещества). В целом мелкозернистые песчаные породы морской формации обладают средней плотностью. Угол откоса их в сухом состоянии в среднем 32°, под водой 30°; коэффициент фильтрации 3—3,5 м/сутки.

Комплекс отложений литоринового моря развит в пределах Приморской низменности вдоль берега моря. Мощность отложений колеблется — в центральной части области Средне-Латвийской низменности от 15 до 25 м, к западу несколько уменьшается.

Лимногляциальный геолого-генетический комплекс (*lgl* Q<sub>III</sub>) представлен в основном отложениями локальных бассейнов талых ледниковых вод — безвалунными пылеватыми глинами, часто с хорошо выраженной ленточной текстурой, реже мелко- и тонкозернистыми пылеватými песками, иногда супесями. Отложения лимногляциального комплекса большей частью относятся к инженерно-геологической группе связных пород, а также к группе песчаных пород, реже к группе песчаных пород с включениями обломочных.

В отличие от большинства глин коренных пород глины поверхностных образований, в том числе и лимногляциальные почти всегда обладают пластичной консистенцией, изредка текучепластичной; только в редких случаях, например при инженерно-геологических исследованиях участков мостовых переходов в Восточной Латвии, выявлены лимногляциальные глины твердопластичной и полутвердой консистенции. Глины поверхностных образований характеризуются высоким коэффициентом пористости (в среднем 0,9) и высоким показателем числа пластичности (в среднем 22). Коэффициент фильтрации их в среднем 0,002 м/сутки. По данным единичных определений компрессионных свойств лимногляциальных глин, в первых интервалах нагрузки (от 1 до 3 кг/см<sup>2</sup>) они являются среднесжимаемыми (коэффициент компрессии выражается в сотых долях единицы). Параметры сопротивления сдвигу лимногляциальных глин зависят от их консистенции. Если разности, обладающие пластичной консистенцией, характеризуются коэффициентом трения 0,320—0,365 и истинным сцеплением 0,2 кг/см<sup>2</sup>, то при увеличении естественной влажности эти величины сравнительно резко снижаются. Лимногляциальные глины часто обладают слоистой текстурой (ленточные глины), обуславливающей анизотропность породы в отношении фильтрационных свойств и механической прочности (сопротивление сдвигу, сжимаемость). Лимногляциальные глины с точки зрения всего комплекса инженерно-геологических свойств изучены слабо.

В I регионе широко развиты как лимногляциальные отложения локальных бассейнов талых ледниковых вод, так и бассейна балтийского ледникового озера (*lgl* Q<sub>III</sub>). Последние в основном представлены песчанистыми и пылеватыми отложениями, а местами слабослоистыми пылеватыми глинами, часто обогащенными органическим веществом (между нас. п. Калициемс и Валгунде, к югу от оз. Лиепаяс и т. д.). Наиболее широко распространены лимногляциальные отложения в пре-

делах области Средне-Латвийской низменности, Вентско-Усминской впадины, южнее г. Кандава, в Лубанской равнине, на водоразделах и возвышенностях (окрестности г. Крустпилс, Гайзинькалн), в Приморской низменности. Мощность лимногляциальных глин в населенном пункте Озолниеки 8—9 м, а местами всего 0,3—4,4 м (Межотне, месторождение глин Пурмали и т. д.). В некоторых местах региона развиты лимно-камовые холмы относительной высотой до 15 м (к юго-востоку от ст. Калвене), сложенные в основном тонко- и мелкозернистыми, часто пылеватыми песками и супесями.

Флювиогляциальный геолого-генетический комплекс (*fgl Q<sub>III</sub>*) представлен в основном мелко-, средне- и разнозернистыми песками, иногда с большим количеством гравийных зерен и гальки, с прослоями более крупнозернистого песка, гравия и гальки. В озовых грядах этот комплекс представлен более крупным материалом, преобладают гравий и галька карбонатных и магматических пород с прослоями и линзами псков различной крупности. Отложения флювиогляциального комплекса относятся к следующим инженерно-геологическим группам пород: песчаных, песчаных с включениями обломочных и грубообломочных несвязных.

Флювиогляциальные песчаные породы характеризуются пестрым гранулометрическим составом и правильнее было бы называть их песчано-гравийными. Значительные площади флювиогляциальных равнин заняты мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми песками, в то же время часто встречаются другие разности песка и гравий. Плотность сложения флювиогляциальных песчаных пород средняя.

Песчано-гравийные образования состоят из двух основных компонентов: магматических и осадочных пород. Исследования последних лет [Курш, 1963] показывают, что в общих чертах наблюдается минимальное количество магматических пород во флювиогляциальном гравии, в отличие от береговых образований Балтийского бассейна.

Морозостойкость флювиогляциального гравия, так же как и для залежей других типов, зависит от содержания магматических пород. На месторождении Мадона, где магматические породы составляют около половины гравийных фракций, потеря в весе после 25 циклов замораживания и оттаивания равна 3,8%. На месторождениях Огрес Кангари (Рижский район), где преобладает местный карбонатный материал, потеря в весе больше (достигает 10,7%). В целом, по имеющимся данным о морозостойкости гравия, большинство гравийных залежей содержит морозостойкий гравий [Курш, 1963].

Отложения флювиогляциального комплекса в I регионе слагают камовые холмы, реже озовые гряды, а также участки флювиогляциальных равнин (в левобережной части р. Даугавы у г. Яунелгава, к востоку от г. Гулбене, к западу от г. Кандава, к востоку от ст. Вайнёде и т. д.). Мощность флювиогляциальных отложений до 20 м, а в дельтах и террасах древних долин стока до 25 м.

Ледниковый геолого-генетический комплекс (*gl Q<sub>III</sub>*) представлен моренными супесями, суглинками и глинами с прослоями и линзами песчанистого и гравелистого материала, с гравием, галькой и валунами карбонатных и магматических пород. Моренные отложения обычно имеют красновато-коричневую, серовато-коричневую или серую окраску. Серые моренные суглинки и глины обычно встречаются только в понижениях кровли коренных пород, а красновато-коричневые моренные отложения широко развиты по всей территории региона. Обычно в верхней части суглинки более песчанистые, в нижней глинистые, плотные, карбонатные. На некоторых участках верхние красновато-коричневые моренные суглинки отличаются несколько большим содержанием обло-

мочного материала, серые суглинки нижнего моренного горизонта — несколько большей плотностью. Отложения ледникового комплекса относятся к инженерно-геологической группе связных пород с включениями обломочных. Моренные суглинки с включением обломочного материала с точки зрения их инженерно-геологических свойств изучены слабо.

Моренные суглинки формации вюрмского оледенения в большинстве случаев обладают коллоидными естественными структурными связями, а в более древних формациях поверхностных образований днепровского и лихвинского оледенения, залегающих близко от земной поверхности в западной части республики, выявлены горизонты с наличием синеретических коллоидных структурных связей. Разности суглинков с большим содержанием гидроокислов железа иногда слегка сцементированы.

Консистенция моренных суглинков формации вюрмского оледенения верхнего опесчаненного выветрелого горизонта мягкопластичная и пластичная, с глубины 2, иногда 4 м тугопластичная. Суглинки с включением обломочного материала формаций других оледенений большей частью характеризуются консистенцией тугопластичной, полутвердой и твердой. Коэффициент пористости моренных суглинков обычно менее 0,6.

Вследствие содержания большего или меньшего количества обломочного материала моренные суглинки обладают сравнительно высоким углом трения (около  $35^\circ$ ). По компрессионным свойствам они средне-сжимаемы, более уплотненные разности близки к слабосжимаемым. Следует отметить, что характеристика механических свойств приближенная, так как базируется на данных разрозненных единичных определений.

Отложения ледникового комплекса на большей части территории региона имеют мощность не более 10 м (мост через р. Лиелупе у Булдури до 10 м, г. Айзпуте 3—3,5 м, населенный пункт Рундале 5 м, г. Огре 0,3—2,4 м, болото Баложь 1,5 м), а местами в области Средне-Латвийской низменности моренные отложения отсутствуют. По данным А. С. Савванитова (1962), мощность моренных отложений в пределах возвышенностей значительно больше (до 60 м, а иногда и более). Но в отдельных местах мощность морены увеличивается и в области Средне-Латвийской низменности (г. Елгава 21,5 м, Кундзиньсала 27,6 м, Болдерая до 30 м, Меллузи 52,4 м). Местами обнаружено несколько горизонтов морены, например в обнажениях среднего течения р. Кайбалы прослеживаются три моренных горизонта.

В строении толщи пород коренной основы региона принимают участие породы следующих формаций: нижней терригенной мезозойской — юрские ( $J_{3+2}$ ); верхней терригенной красноцветной — нижнего триаса ( $T_1$ ); карбонатной — верхней перми ( $P_2$ ); терригенно-карбонатной — нижнекаменноугольные ( $C_1$ ) и верхнего девона ( $D_3\ dn - pm$ ); карбонатной — верхнего девона ( $D_3\ br, sm, sr$ ).

Породы двух первых формаций в юго-западной части республики моноκлинално погружаются к югу, и в кровле толщи коренных пород появляются породы верхней части терригенно-карбонатной и других формаций, характерных только для данного региона.

Терригенная юрская формация ( $J_{3+2}$ ) представлена тонкозернистыми сероватыми песками, темно-серыми глинами, слабосцементированными песчаниками и бурыми углями. Пески большей частью мелкозернистые с прослоями среднезернистых, кварцевые. В случае слабой цементации эти пески плотные, но в целом они характеризуются средней плотностью сложения и в определенных условиях при наличии глинистой примеси не исключена их плавучесть. В бассейне р. Венты

наряду с песками, слабосцементированными песчаниками и глинами, изредка встречаются линзы бурого угля.

Отложения нижнего триаса сложены плотными зеленовато-серыми и пестроцветными глинистыми образованиями и зеленоватыми песчаниками, а также мергелями. Мергели характерны также для карбонатной и терригенно-карбонатной формаций верхнего девона. Карбонатная составляющая в мергелях может быть представлена кальцитом или кальцитом и доломитом вместе. В доломитовых мергелях карбонатная часть представлена микрозернистым или очень тонкозернистым доломитом, сцементированным глинистой массой. Текстура доломитовых мергелей тонко- и микрослоистая. Для них характерна плитчатая отдельность.

Скальные породы карбонатной формации верхней перми ( $P_2$ ) распространены только на юго-западе Латвийской ССР и на относительно малой территории. Северная граница распространения пермских пород проходит между южной частью оз. Лиепаяс и населенным пунктом Ручава, продолжаясь в северо-восточном направлении до г. Салдус, затем отклоняется на юго-восток по направлению к городам Салдус и Шауляй. Формация представлена главным образом известняками, реже доломитами, в северном районе залегающими непосредственно в основании толщи поверхностных образований и местами выходящими на земную поверхность (у населенных пунктов Нигранде и Сесиле, городов Салдус и Ауце, рабочего поселка Броцены и по р. Паплаке).

Инженерно-геологическое значение трех вышеописанных формаций в регионе незначительно. Выходы их на земную поверхность прослежены лишь по долинам небольших притоков р. Венты. Гораздо большее значение имеют скальные, полускальные и пластичные породы терригенно-карбонатной и карбонатной формаций, слагающие дочетвертичную поверхность на значительной части региона и выходящие на поверхность в пределах долин бассейна р. Венты, левобережья Абавы и Лиелупе, в окрестностях оз. Лиепаяс и в других местах. Верхняя часть терригенно-карбонатной формации объединяет породы ряда свит нижнего карбона, а также фаменского яруса верхнего девона (данковский, лебедянский, елецкий и чимаевский горизонты). В западной части республики общая мощность пород верхней части формации около 200 м. Комплекс представлен чередованием песчано-глинистых и карбонатных пород.

В восточной части республики терригенно-карбонатная формация представлена породами памушского горизонта ( $D_3pm$ ). В состав горизонта входит серия перемежающихся слоев и линз глин, мергеля и доломитового мергеля с прослойками доломита, алевролитов, песков и песчаников. Средняя мощность этого комплекса пород достигает 50 м. Близко от земной поверхности породы памушского горизонта прослежены по долинам рек Огре, Даугава (пос. Кокнесе, Лиелварде и местами ниже Кегумской ГЭС), Педедзе и Ичи. Участками породы памушского горизонта прикрыты породами ловатского горизонта ( $D_3lv$ ), но распространение их ограниченное и прослежено лишь в виде отдельных пятен в восточной части республики (населенные пункты Тирза, Лиепна), где отмечены небольшие выходы этих пород. Здесь они представлены известковистыми доломитами и доломитовыми известняками мощностью до 2 м.

Карбонатные отложения относятся главным образом к породам скальной группы. Среди них Р. Ж. Ульст (1963) выделяет: собственно доломиты, алевролитистые (алевролиты) доломиты, глинистые доломиты и загипсованные доломиты. Все эти породы часто встречаются в основаниях фундаментов, а также благодаря хорошему качеству часто

используются как строительный и бутовый камень. Поэтому характеристика их инженерно-геологических свойств обоснована наибольшим фактическим материалом. Подробная характеристика доломитов будет дана при описании карбонатной формации. Для терригенно-карбонатной формации характерны также глинистые доломиты. Содержание доломита в глинистых доломитах 90—70% и менее. В составе нерастворимого остатка глинистых доломитов преобладают глинистые гидрослюдистые минералы, алевроитовые и песчаные зерна кварца, полевого шпата и слюды. Структура глинистых доломитов микрозернистая или очень тонкозернистая. Их текстура мелко- и тонкослоистая, часто с характерной микрослоистостью. Встречаются также брекчиевидные текстуры.

Алевритистые (алевритовые) доломиты имеют очень ограниченное распространение. По составу, структурным и текстурным особенностям они близки к описанным выше глинистым доломитам. Механическая прочность этих доломитов вследствие содержания глинистой примеси меньше, чем у доломитов, т. е. менее 600 кг/см<sup>2</sup>.

Пластичные породы терригенно-карбонатной и карбонатной формаций коренной основы представлены глинами в виде прослоев, линз или самостоятельных пластов. В условиях естественного залегания эти глины обладают синергетическими коллоидными структурными связями, полутвердой и твердой консистенцией. Тонкодисперсный глинистый материал этих глин имеет большей частью гидрослюдистый состав, в основном типа иллита с примесью каолинита; изредка присутствует монтмориллонит (чудовские глины). Коэффициент пористости глин формаций девона менее 0,6. Подобными свойствами обладают глины триаса. Юрские глины вследствие своеобразных условий формирования отличаются по составу и инженерно-геологическим свойствам, но инженерно-геологическое значение их на территории Латвийской ССР незначительное.

В карбонатную формацию верхнего девона входят породы бурегского, семилукского и саргаевского горизонтов ( $D_3 br, sm, sr$ ). В составе пород бурегского и семилукского горизонтов преобладают доломиты глинистые компактные, мелкокристаллические пористые и кавернозные. В зонах интенсивного водообмена породы этих горизонтов сильно закарстованы.

В нижней части разреза карбонатной формации (саргаевский горизонт) в восточной части 1 региона доломиты составляют до 60—90%, в направлении к западу значение их в разрезе постепенно уменьшается до 35—40%. Выходы саргаевского горизонта прослеживаются по берегам р. Даугавы (у г. Плявиняс, сел. Кокнесе и Ерсика и в других местах) и р. Гауи (у пос. Гауиена, с. Виреши), у г. Апе. Породы саргаевского горизонта представлены доломитами и доломитовыми мергелями с подчиненным значением глин и песчаников (в виде прослоев). В северо-восточной части региона в основании поверхностных отложений увеличивается количество известняков и известковистых доломитов, а в центральной части — гипсов, чередующихся с доломитовыми мергелями и глинами. Выходы гипсоносных пород можно проследить по долине р. Даугавы и в нескольких каменоломнях (Сауриеши, Визла, Навессала).

Доломиты, известняки, доломитовые известняки и гипсоносные породы саргаевского горизонта трещиноваты, часто кавернозны и закарстованы. О. М. Варфоломеева (1962) отмечает, что огромные пустоты и последующие провалы в гипсоносных породах чаще всего приурочены к глинисто-мергелистым пластам, содержащим тонкие прослои гипса — селенита и кристаллического гипса.

В состав доломитов входят карбонатная часть и некарбонатная составляющая. Карбонатная часть их представлена минералом доломи-

том с небольшой примесью свободного кальцита. Некарбонатная составляющая в доломитах представлена глинистыми минералами, кварцем, полевыми шпатами, рассеянным органическим веществом, железом (окисные и закисные формы), акцессорными минералами, пиритом и др. В бассейне р. Даугавы и на северо-востоке региона Латвийской седловины доломиты саргаевского горизонта содержат конкреции кремня. Иногда окремнелыми оказываются целые прослои доломитов.

Структура доломитов карбонатной формации большей частью тонкозернистая и очень тонкозернистая, редко средне- и крупнозернистая. Зерна, слагающие доломиты, в данном случае плотно прижаты один к другому, иногда удается наблюдать зубчатое сочленение зерен [Ульст, 1963]. Подобная структура обуславливает высокую механическую прочность доломитов.

Текстура доломитов массивно-, средне- и мелкослоистая. Последняя особенно характерна для тех доломитов, которые залегают в виде отдельных прослоев в толще глинистых доломитов и мергелей. Отдельные слои доломитов изредка обладают брекчиевидной текстурой.

По имеющимся данным наибольшей механической прочностью обладают доломиты карбонатной формации и отдельные свиты терригенно-карбонатной формации. Механическая прочность доломитов зависит от глинистой примеси, величины зерен, формы и величины перекристаллизации, степени выветрелости (трещиноватости, пористости, кавернозности, закарстованности). Показатели временного сопротивления сжатию доломитов саргаевского горизонта некоторых месторождений северо-восточной части региона изменяются от 650 до 1338 кг/см<sup>2</sup>, составляя в среднем 1000—1100 кг/см<sup>2</sup>. Менее прочными являются крупнозернистые доломиты (в районе г. Апе). Временное сопротивление сжатию доломитов бурежско-семилукского горизонта большей частью 750—900 кг/см<sup>2</sup>, но в отдельных случаях оно превышает 1500 кг/см<sup>2</sup>.

О развитии физико-геологических процессов на территории республики имеется очень мало сведений. Исключением являются карстовые процессы, которые довольно подробно освещены в работах О. М. Варфоломеевой (1959, 1961).

Карстовые процессы в гипсоносных отложениях саргаевского горизонта в основном приурочены к средней части региона (окрестности ст. Саулкальне, курорта Балдоне, поселков Скайсткальне, Тауркальне, Барбеле, Курмене). По данным О. М. Варфоломеевой, размеры карстовых провалов в Балдоне достигают 40—50 м в диаметре. В районе ст. Саулкальне диаметр воронок достигает 8 м, глубина 7 м. На остальной территории региона в основном развит карбонатный карст (бассейны рек Даугавы, Лауце, Б. Юглы). При изысканиях инженерно-геологических условий района строительства Плявиньской ГЭС были обнаружены карстовые провалы выщелачивания доломитов плявиньской свиты диаметром до 12—60 м, заполненные песчано-глинистым материалом и щебенкой.

В регионе отмечается наличие как современного (ст. Саулкальне, г. Балдоне, р. Даугава, р. Лауце), так и древнего карста (о. Абелю, берега р. Даугавы). Е. Н. Спрингис (1958) были обнаружены и описаны древние провалы по берегам р. Даугавы у г. Огре, пос. Юмправа и т. д., но эти провалы было бы правильнее назвать не карстовыми, а суффозионными, так как они обусловлены суффозионным выносом частиц песчаников швентойского горизонта с последующим обрушением карбонатных пород кровли. Карстовые процессы иногда сопровождаются суффозионными явлениями. Например, при инженерно-геологических изысканиях, проведенных в 1958 г. в районе Саулкальне геологами Ленинградского отделения Гипротранскарьера, было установлено, что возникнове-



ние на земной поверхности провальных воронок обусловлено суффозионным выносом четвертичных отложений в карстовые пустоты нижележащих гипсов саргаевского горизонта.

В западной части региона карстовые процессы менее изучены, но имеются данные о развитии карстовых процессов в гипсовых отложениях к югу от г. Кулдига, в районе Кемери и Слōка, где отмечены карстовые воронки глубиной до 2,5 м. Процессы суффозии в данном регионе не имеют широкого развития.

Для некоторых участков региона характерно интенсивное развитие эрозионных процессов, например склоны долины р. Абавы от г. Кандава до г. Сабиле изрезаны V-образными оврагами с действующими водотоками. В районе ст. Кокнесе тоже прослеживаются овраги с крутыми, высокими склонами, часто в них текут водотоки; глубина оврагов 5—10 м, ширина 20—100 м.

Кроме овражной эрозии, довольно большое значение имеет речная эрозия. В долине р. Даугавы на участках, где река пересекает девонские доломиты, преобладает боковая эрозия, причем наиболее интенсивный размыв доломитов происходит в зонах тектонических нарушений, где доломиты наиболее трещиноватые (в районе нижнего бьефа Кегумской ГЭС и т. д.). Эрозионный размыв берегов происходит и в современное время, например интенсивно подмывается правый берег р. Даугавы ниже г. Огре, сложенный доломитами бургского и семилукского горизонтов, свежий крупный обвал произошел в 1960 г.

Незначительный уклон поверхности в области Средне-Латвийской низменности обуславливает в основном слабую интенсивность эрозионных процессов, но местами в результате эрозии происходят крупные обвалы берега; так, на берегу р. Лиелупе у селения Яунбишциемс в 1958 г. произошло обрушение берега на протяжении около 90 м. Динамика этого процесса в достаточной степени не выяснена, но большое значение в нем имела русловая и боковая эрозия. Берег р. Лиелупе интенсивно подмывается на участке между станциями Дубулты и Майори, постоянно угрожая железнодорожной линии, проходящей непосредственно у берега реки.

При подмыве берега, сложенного глинистыми отложениями (чаще всего моренными суглинками и глинами), на некоторых реках региона, например Лъжа (Лудза), Б. и М. Югла и др. иногда отмечаются оползневые явления. Оползни обычно небольшие по объему и имеют ограниченное распространение. А. Ф. Мутуль (1960) отмечает оползень на склоне Кегумского водохранилища у населенного пункта Лиелварде, который захватил часть магистральной автодороги Рига — Даугавпилс.

Абразионные процессы на территории региона развиты слабо, исключением является небольшой участок на восточном крыле мыса Рагациемс. Интенсивность абразионных процессов небольшая.

Первый от поверхности водоносный горизонт в регионе содержится в песчаных и песчано-гравийных отложениях эолового, болотно-озерного, аллювиального, лимногляциального и флювиогляциального геолого-генетических комплексов в отложениях литоринового моря, а также в песчаных и гравелистых прослоях и линзах в отложениях ледникового комплекса.

Водоносный горизонт залегает на различной глубине, которая изменяется даже на небольшом пространстве (в Риге уровень грунтовых вод располагается на глубине 0,3—7,2 м, на Рижском взморье 0—8 м), но в основном залегание грунтовых вод неглубокое. Особенно это относится к Лубанской равнине, Средне-Латвийской покатости и Северо-Латгальскому поднятию, например, уровень на глубине менее 3 м отмечен между г. Крустпилс и ст. Кегумс, у ст. Циемуле, в Добелниeki, Саури-

еши, г. Балвы, ст. Жигури и т. д. Небольшая глубина залегания грунтовых вод (от нескольких десятков сантиметров до 2—3 м) характерна для области Средне-Латвийской низменности, что обусловлено водонепроницаемостью глинистых отложений лимногляциального геолого-генетического комплекса, слагающих большую часть низменности. Неглубокое залегание грунтовых вод характерно для районов развития отложенных болотно-озерного геолого-генетического комплекса (до 2 м, преобладает 0,1—0,5 м).

На глубину залегания уровня грунтовых вод в значительной мере влияет рельеф местности — зеркало грунтовых вод в сглаженном виде повторяет рельеф земной поверхности. Наиболее глубоко грунтовая вода залегает в районах распространения дюнных гряд и массивов, озовых гряд и т. д., где благодаря хорошей водонепроницаемости отложений вода устанавливается примерно на уровне подошвы холма (до 15 м и более). Глубоко залегают воды первого от поверхности водоносного горизонта на участках, где атмосферные осадки свободно проникают в трещиноватые породы коренной основы, например в районе г. Огре (10 м и более), в окрестностях станций Икшкиле и Саулкалне уровень грунтовых вод в колодцах 9,8—18 м.

Довольно глубоко залегают грунтовые воды на хорошо дренируемых водоразделах (на водоразделе рек Мусы и Мемеле более 4,5 м). Вблизи речных долин уровни грунтовых вод также понижаются, например в пос. Олайне уровни грунтовых вод в основном залегают неглубоко (0,15—2 м), но ближе к р. Мусе понижаются до 3,5 м. Из-за отсутствия материалов нет возможности судить о глубинах залегания грунтовых вод в области Западно-Латвийских возвышенностей, но можно предположить, что здесь уровни грунтовых вод залегают несколько глубже, чем в низинных частях региона.

Если в целом глубину первого от поверхности водоносного горизонта можно принять для больших площадей областей низменностей от 0 до 5 м, то для области возвышенностей — от 0 до 10 м и более 10 м.

Вода первого от поверхности водоносного горизонта местами агрессивна к бетону (на территории завода «Красный металлург» в г. Лиепая, в пос. Лапмежциемс, местами в г. Елгава, в г. Рига, в районе оз. Юглас, восточнее ст. Засулаукс, в Милгравис, у ст. Баложь), местами наблюдаются воды с небольшой общекислотной агрессивностью (г. Бауска, пос. Олайне) или сульфатной агрессивностью (г. Айзпуте).

Агрессивные воды часто приурочены к заболоченным участкам, но иногда агрессивность обусловлена подтоком из более глубоких горизонтов вод, содержащих много сульфатов.

Ко II региону относятся склоны Литовско-Латвийского девонского прогиба в сторону Балтийского щита и Белорусско-Литовского массива, в пределах этих склонов на подчетвертичную поверхность выходят в основном породы верхнетерригенной формации конца среднего и начала верхнего девона. Регион занимает северную часть Курземского полуострова и Восточной Латвии, примерно севернее линии Алсунга — Кулдига — Талсы — Апшучиемс и Рига — Сигулда — Смилтене — Апе, а также юго-восточную часть Латвии южнее линии Акнисте — Прейли и несколько южнее Зилупе.

Глубина залегания докембрийского фундамента в северной части региона около 1000—1500 м. На северо-востоке Латвии кристаллический фундамент осложнен крупным Локновским поднятием и положение его кровли характеризуется высотами порядка 300—400 м. В юго-восточной части региона отметки кровли кристаллического фундамента колеблются от 850—650 м ниже уровня моря до 600 м на юге Илукстского и Краславского районов.

Во II регион входят следующие области: область Северо-Латвийской низменности, небольшая юго-восточная часть области Средне-Латвийской низменности и южная часть области Средне-Латвийских возвышенностей, области Восточно-Латвийской низменности и Восточно-Латвийской возвышенности, а также северная часть области Западно-Латвийской низменности и области Западно-Латвийских возвышенностей. Рельеф региона разнообразен как по морфометрии и генезису, так и по геологическому строению. Почти все формы современного рельефа, кроме Западно-Латвийской низменности, образовались в процессе экзарационно-аккумулятивной деятельности нескольких оледенений.

В составе Северо-Видземской низменности выделяются: Видземское побережье и Средне-Гауйская низменность, разделенные Северо-Видземским поднятием. Видземское побережье представляет собой абразионную равнину, сложенную в основном моренными суглинками с насаженными береговыми валами. Средне-Гауйская низменность расположена на месте обширного понижения в кровле коренных пород. В средней части низменность представляет собой лимногляциальную аккумулятивную равнину, по окраинам развит рельеф донной морены. Однообразие рельефа, имеющего абс. высоту 40—80 м, нарушается рядом холмистых гряд, например у населенного пункта Аумейстари, и дюнными образованиями. Местами встречаются довольно крупные болотные массивы (болото Седас и др.).

Северо-Видземское поднятие в основном имеет абс. высоту 40—80 м, но отдельные камовые холмы превышают 120 м. Основная часть поднятия представляет собой волнистую поверхность донной морены со своеобразными формами рельефа — друмлинами, сложенными моренными суглинками и перекрытыми водно-ледниковыми песками. В юго-западной части поднятия развиты лимнокамы, а в окрестностях г. Лимбажи наблюдаются перигляциальные долины стока талых вод, врезаемые на глубину до 20 м. Южная часть Северо-Видземского поднятия пересекается перигляциальной долиной р. Гауи, которая врезана в девонские отложения примерно на 80 м.

Юго-восточная часть Средне-Латвийской покатости (область Средне-Латвийской низменности) представляет собой неровную поверхность основной морены с пологоволнистым рельефом. Южная часть Селийского вала, относящаяся к области Средне-Латвийских возвышенностей, с абс. высотами 100—120 м характеризуется распространением лимнокамов, которые в основном располагаются в виде взаимно перпендикулярных гряд и разделены болотами и небольшими озерами.

Из области Восточно-Латвийской низменности в данный регион входят Акнистская приподнятость и почти вся Средне-Даугавская равнина. Акнистская приподнятость разделяет Селийский вал и Аугшземскую возвышенность и представляет собой слабоволнистую равнину с абс. высотой 115—125 м и рядом перигляциальных долин рек Двиете — Сусея. Местами выделяются участки холмистого рельефа. Средне-Даугавская равнина сложена отложениями донной морены, которые перекрываются лимногляциальными супесями и мелкими песками. Рельеф усложняется уваловидными пологими поднятиями, субгляциальной ложбиной у населенного пункта Калупе, современной долиной р. Даугавы, а также массивами дюнных гряд у г. Даугавпилса и на левом берегу р. Даугавы ниже устья р. Двиете. На водоразделах часто располагаются моховые болота.

Кроме того, в данный регион входят вся Аугшземская и южная часть Латгальской возвышенности. Аугшземская возвышенность является северной окраиной Восточно-Литовской возвышенности с абс. отметками поверхности от 110—180 до 200 м. Здесь в основном развиты

крупные водно-ледниковые холмы с локальными лимногляциальными аккумулятивными равнинами, пересекаемыми долинами перигляциального стока. Для Латгальской возвышенности характерно большое разнообразие холмистых форм с абс. высотой 120—250 м, а к югу от оз. Резнас 250 м и более. В южной и восточной частях холмы более низкие и мелкие, рельеф местами имеет пологохолмистый и волнистый характер. На возвышенности часто встречаются широкие понижения типа перигляциальных долин. Широкой перигляциальной долиной является и долина р. Даугавы между городами Краслава и Даугавпилс. В южной части возвышенности располагается ряд хорошо выраженных субгляциальных ложбин, занятых озерами (Сивер, Рушону, Дагда и др.).

Во II регионе наблюдаются наибольшие мощности четвертичных отложений, приуроченные к глубоким древним погребенным долинам в пределах Аугшземской возвышенности (г. Акнисте, 302 м), в окрестностях г. Даугавпилс (психиатрическая больница 199 м, детский санаторий в Межциемс 145 м), в районе г. Вентспилс (153 м). Значительная мощность четвертичного покрова отмечается в Латгальской возвышенности (обычно 50—70 м, иногда даже 80—100 м) и в пределах Селийского вала (50—60 м). На Средне-Латвийской покатости и Средне-Даугавской равнине мощность четвертичных отложений в основном не превышает 20 м. Но в отдельных местах мощность четвертичного покрова снижается до 0,5 м (в районе населенных пунктов Гауиена, Виреши).

Поверхностные (четвертичные) отложения данного региона представлены в основном формацией вюрмского оледенения — ледниковым, флювиогляциальным и лимногляциальным геолого-генетическими комплексами и аллювиальным комплексом, меньшее распространение имеют эоловый и болотно-озерный геолого-генетические комплексы послеледниковой континентальной формации, а в прибрежной зоне геолого-генетические комплексы отложений литоринового и современного моря морской голоценовой формации. Наиболее развиты ледниковый, флювиогляциальный и лимногляциальный геолого-генетические комплексы.

Так как литологический состав и физико-механические свойства геолого-генетических комплексов в пределах разных регионов существенно не меняются, то краткая их литологическая характеристика и описание физико-механических свойств в настоящем очерке даются только при описании первого региона.

Отложения болотно-озерного геолого-генетического комплекса (*l*, *pQiv*) имеют наибольшее распространение в пределах Средне-Даугавской равнины (южнее г. Ливаны), где мощность торфа достигает 7 м (болото Бебри), южнее г. Валмиера, юго-западнее г. Валка, а также в небольших заболоченных впадинах между холмами.

Отложения эолового геолого-генетического комплекса (*eol Qiv*) развиты в окрестностях г. Даугавпилс, где перевезанию подвергался аллювиальный материал четвертой надпойменной террасы, на небольшой площади южнее г. Валка, а также в прибрежной полосе южнее г. Айнажи и в пределах Западно-Латвийской низменности.

Аллювиальный геолого-генетический комплекс приурочен к долинам крупных рек (Даугавы, Гауи, Салацы, Рои) и их притоков. Мощность аллювиальных отложений варьирует в широких пределах, например мощность аллювия р. Гауи в окрестностях г. Валмиера 1,2—3,5 м, в районе населенного пункта Гауиена в древней долине до 19 м, а в древней долине между городами Валмиера и Сигулда даже до 80 м. По данным М. К. Майоре, пойма р. Даугавы в пределах данного региона сложена плохо сортированными песками, гравием и галькой. Материал пяти надпойменных террас тоже имеет песчано-гравийный состав с большим содержанием гальки, но местами наблюдается некоторая отсортирован-

ность, особенно для отложений первой надпойменной террасы. Геолого-генетические комплексы отложений литоринового моря и современной стадии Балтийского моря развиты в пределах Приморской низменности.

Во II регионе крупные районы распространения лимногляциальных отложений локальных бассейнов находятся в окрестностях г. Валка, к северо-востоку от населенного пункта Лиепна, в пределах Средне-Даугавской равнины. Кроме того, вдоль морского побережья узкой полосой тянутся песчаные лимногляциальные отложения балтийского ледникового озера.

Флювиогляциальный геолого-генетический комплекс ( $fglQ_{III}$ ) также широко развит в данном регионе. Песчанистые отложения этого комплекса слагают многочисленные камовые холмы в пределах возвышенностей, в окрестностях г. Алуксне, между городами Лимбажи и Валмиера и т. д. Менее распространены флювиогляциальные отложения озовых гряд. Флювиогляциальный комплекс слагает участки флювиогляциальных равнин среди моренных равнин в среднем течении р. Салацы, в полосе между оз. Буртниеки и г. Валка, к северо-востоку от г. Смилтене, севернее г. Алуксне, к юго-востоку от г. Дагда, у оз. Рушоņu, в окрестностях г. Акнисте и т. д. Песчаные отложения комплекса залегают также между двумя горизонтами моренных суглинков.

Отложения ледникового геолого-генетического комплекса ( $glQ_{III}$ ) широко развиты во II регионе. Мощность отложений этого комплекса особенно велика в пределах Латгальской и Аугшземской возвышенностей (обычно 10—40 м, на отдельных участках до 60—70 м, а иногда даже 100 м и более). Во многих местах встречается несколько горизонтов морены, которые либо лежат один на другом, либо разделяются прослоями других пород, например в скважине у хут. Ругели в Даугавпилсском районе.

В кровле толщи пород коренной основы на самой северо-западной окраине Курземского полуострова и в долине глубокого размыва северо-восточнее г. Даугавпилс залегают породы нижней терригенной верхнепалеозойской формации герцинского тектонического цикла ( $D_{2nr}$ ). Комплекс пород этой формации представлен глинами, доломитами, мергелями и песчаниками. Большая часть пород коренной основы представлена прибрежно-континентальными образованиями верхней терригенной формации конца среднего и начала верхнего девона, объединяющей породы двух горизонтов: швентойского нижнефранского подъяруса ( $D_{3\check{sv}}$ ) и тартуского живетского яруса ( $D_{2tr}$ ). Преобладающими породами этой формации являются пески и слабосцементированные песчаники с подчиненным развитием хлидолигов, алевролитов и глин. Выходы на земную поверхность или близкое залегание пород верхней терригенной формации прослеживаются в пределах склонов и русел речных долин (рек Венты, Абавы, Рои и ряда их мелких притоков), а также вдоль берега Рижского залива на участке Мерсрагс — Роя. В восточной части региона породы упомянутой формации вблизи земной поверхности или в естественных обнажениях встречаются по долинам рек Салацы, Гауи и их притоков: Браслы, Аматы, Рауны, Светупе, Мазсалацы, оз. Буртниеки и пр. Общая мощность пород верхней терригенной формации свыше 200 м. Отложения верхней терригенной формации относятся главным образом к инженерно-геологическим группам полускальных и песчаных пород с подчиненным значением связных.

Слабосцементированные песчаники имеют широкое распространение. Цементирующим веществом в песчаниках являются гидроокислы железа, глины, реже карбонаты. Большей частью песчаники мелко- и среднезернистые. В легкой фракции песков и песчаников преобладает кварц (60—95%). Полевые шпаты присутствуют в количестве 4—15%

(песчаники швентойского горизонта). В толще песчаников развита вертикальная трещиноватость.

Девонские пески большей частью мелко- и среднезернистые, плотные. В естественном залегании в песках часто хорошо выражена косая слоистость. Материал хорошо, средние или плохо отсортирован, но иногда со значительной алевроитовой примесью. В таких случаях в водонасыщенном состоянии и при определенном гидродинамическом напоре пески обладают свойствами плывунов. Вследствие глубокого залегания их кровли коренные породы в пределах региона в основаниях фундаментов используются мало.

Физико-геологические процессы в описываемом регионе изучены слабо. Наиболее широко развиты процессы суффозии в песчаниках и песках верхней терригенной формации конца среднего и начала верхнего девона. Особенно активный характер описываемые процессы приобретают в долинах рек, прорезающих эти отложения (р. Салаца, р. Гауя, их притоки и другие реки). В долинах рек наблюдается множество пещер, объем которых иногда достигает нескольких сотен кубических метров. Часто в пещерах текут небольшие ручьи, продолжающие суффозионный вынос песчаных частиц. Иногда своды пещер обрушаются и над ними на дневной поверхности образуются провальные воронки. Возникновению суффозионных пещер и воронок способствует сильная трещиноватость песчаников, что обуславливает их большую водопроницаемость, а также их слабая цементация и легкая размываемость.

Сведения об оползневых процессах в регионе недостаточны, хотя эти процессы эпизодически проявляются по берегам рек Гауи, Салацы, Даугавы и др., например ниже г. Краслава у дер. Адамово, на левом берегу у б. Таборской МТС, оползание моренных суглинков наблюдается в среднем и нижнем течении р. Салацы, ниже плотины в пос. Стайцеле и т. д. На береговых склонах происходят обвалы и осыпи, особенно на участке между городами Пиедруя и Даугавпилс, где склоны сложены рыхлыми гравийно-галечными отложениями.

Эрозионные процессы в основном приурочены к долинам наиболее крупных рек. Например, эрозионный характер рельефа отмечается в бассейне р. Даугавы между городами Краслава и Даугавпилс, в бассейне р. Гауи ниже г. Валмиера, местами в бассейне р. Салацы (г. Мазсалаца) и т. д.

Абразионные процессы во II регионе слабо развиты, некоторым исключением является участок севернее населенного пункта Павилоста, но и здесь интенсивность абразионных процессов небольшая.

Недостаточно данных о глубине залегания первого от поверхности водоносного горизонта в пределах данного региона. Вода содержится в отложениях флювиогляциального, аллювиального, эолового, болотно-озерного геолого-генетических комплексов, в песчанистых отложениях лимногляциального комплекса, в песчано-гравийных линзах и прослоях в толще отложений ледникового комплекса, а также в песчаных отложениях литоринового моря и современной стадии Балтийского моря.

Глубина залегания грунтовых вод обычно сильно изменяется даже на небольшой площади. Например, в г. Валмиера отмечены участки, где глубина уровня грунтовых вод 0,10 м, а также участки с уровнем грунтовых вод на глубине 5—6,5 м. Часто грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м (местами в городах Алуksне, Валмиера, Смилтене, Гауиена, Алсвики, Седа, в бассейне р. Абулы и т. д.). Вместе с тем местами уровень грунтовых вод залегает на глубине 2—10 м и более (г. Валмиера до 6,50 м, Валка 4 м и более, пос. Палсмане 2—2,80 м, Смилтене 3,60 м, Мазсалаца 2,30—7,0 м, пос. Гауиена более 10 м). В целом воды данного региона, как правило, не обладают агрессивностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Источниками для составления монографии «Гидрогеология СССР» — «Латвийская ССР», том XXXI послужили отчеты и сводные тематические работы по гидрогеологическим и инженерно-геологическим изысканиям, средне- и крупномасштабным комплексным геолого-гидрогеологическим и геофизическим съемкам, глубокому структурному бурению на нефть и газ, поискам и разведке месторождений пресных и минеральных вод и строительных материалов по состоянию на 1/I 1964 г. Все отчеты по указанным видам работ накапливались в основном в послевоенные годы, из них наиболее целенаправленными и эффективными были работы, проведенные в период деятельности Управления геологии при Совете Министров Латвийской ССР.

В результате обобщения и анализа указанного выше фактического материала получены совершенно новые выводы о геолого-гидрогеологическом строении территории Латвии. Синтез их получил отражение в составленных гидрогеологических и инженерно-геологических картах. Следует особо подчеркнуть, что по территории республики впервые составлен том, входящий в монографию «Гидрогеология СССР».

В томе изложены основные естественноисторические и искусственные факторы, определяющие распространение и формирование подземных вод. Дается исчерпывающая характеристика водоносных горизонтов, комплексов и водоупоров, заключенных в мощных осадочных толщах кайнозоя, мезозоя и палеозоя. Описание стратиграфии, литологии и водоносных горизонтов и комплексов ведется сверху вниз, начиная с современных отложений и первого водоносного горизонта от поверхности земли, приводится качественный состав вод, их количество и площадное распространение водосодержащих пород.

Анализ имеющихся материалов дал возможность совершенно по новому переоценить гидрогеологические условия, литолого-фациальные особенности осадочных толщ и геоструктурных элементов и на основании этой переоценки выделить на территории Латвии два артезианских бассейна первого порядка. В западной половине Латвии расположена северная часть Польско-Литовского артезианского бассейна, а в восточной — центральная часть Латвийского бассейна.

По территории республики показана закономерность распространения подземных вод и их количественная характеристика по артезианским бассейнам, основным водоносным горизонтам и комплексам. В результате в пределах Польско-Литовского артезианского бассейна выделены: верхнепермский и нижнекаменноугольный водоносные горизонты, фаменский и швентойско-тартуский водоносные комплексы;

в Латвийском артезианском бассейне выделены два основных водоносных комплекса: бургеско-саргаевский и швентойско-тартуский. Подсчитанные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в указанных бассейнах по основным водоносным горизонтам и комплексам весьма значительны. Однако определенные естественные ресурсы пресных подземных вод значительно больше, чем эксплуатационные. Можно утверждать, что источники водоснабжения могут быть значительно увеличены для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и районов Латвии.

Количественные характеристики, а также установленные закономерности распространения подземных вод на территории республики позволили впервые выявить законы формирования подземных вод, доказать перспективность водоносных комплексов и горизонтов, приуроченных к определенным стратиграфо-литологическим толщам. С отложениями четвертичного водоносного комплекса, развитого почти по всей территории Латвии, связаны источники водоснабжения крупнейших городов республики: Риги, Даугавпилса, Елгавы, Юрмалы и др. При этом особо перспективными для развития водоснабжения являются грунтовые воды древнеаллювиальных образований, слагающих террасы р. Даугавы у г. Даугавпилса, в Рижском районе воды аллювиальных отложений рек Гауи, Лиела-Югла и Маза-Югла, а также воды песчано-гравийно-галечных отложений трансгрессий Балтийского бассейна и флювиогляциальных отложений.

Впервые на научной основе показано развитие в пределах Польско-Литовского и Латвийского артезианских бассейнов на территории Латвии в дочетвертичных отложениях трех зон подземных вод, отличающихся по химизму, глубине залегания и областям питания. Сверху лежит зона пресных вод, ниже — солоноватых и в самом низу — хлоридных соленых вод и рассолов.

Зона пресных подземных вод включает водоносные комплексы и горизонты, являющиеся в настоящее время (и в перспективе) источниками водоснабжения промышленных центров и сельскохозяйственных районов республики.

В Польско-Литовском артезианском бассейне зона пресных вод включает верхнепермский и нижнекаменноугольный водоносные горизонты, фаменский и швентойско-тартуский водоносные комплексы. Мощность отложений от 250 до 600 м. Воды этой зоны напорные, пресные, гидрокарбонатные, минерализация 0,2—0,8 г/л, на отдельных участках (Добеле, Елгава) до 2,5 г/л за счет подтока сульфатных вод.

В Латвийском артезианском бассейне мощность зоны пресных вод меньше и колеблется от 200 до 500 м, она охватывает более древние отложения девона. **Практический** интерес для водоснабжения в этом бассейне имеют бургеско-семилукский и саргаевский водоносные горизонты, швентойско-тартуский водоносный комплекс, которые в пределах зоны содержат напорные пресные воды гидрокарбонатно-кальциево-магниевого и гидрокарбонатно-кальциевого типа с минерализацией от 0,3 до 0,9 г/л.

Зона солоноватых вод имеет довольно выдержанную мощность (от 100 до 200 м) почти на всей территории республики и включает доноровский водоносный комплекс. По солевому составу воды этой зоны хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые с содержанием брома около 50 мг/л и йода до сотых долей миллиграмма в 1 л. В настоящее время воды второй зоны используются как лечебные на курортах и санаториях Рижского взморья и др.

Третья зона хлоридно-натриевых вод и рассолов включает все нижележащие водоносные горизонты и комплексы нижнего палеозоя с корой выветривания фундамента. Мощность этой зоны колеблется от 50 до



200 м, зона содержит высоконапорные рассолы с минерализацией более 100 г/л, с содержанием брома от 300 до 500 мг/л. Воды этой зоны представляют определенный практический интерес.

Изучением режима подземных вод установлено, что он находится под влиянием естественных факторов — атмосферных осадков, температуры воздуха, гидрологического режима поверхностных водоемов и водотоков, а также искусственных факторов — водозаборов и мелиоративных объектов. Колебания уровня грунтовых вод зависят также от геологического строения, морфологии, гидрографической сети района. Так, в песчаных отложениях годовая амплитуда колебаний составляет 0,2—1,2 м, а в глинистых, особенно в дренированных районах, она достигает 4 м. На территории крупных городов (Рига, Лиепая) напорные воды находятся в условиях искусственного режима, где в результате интенсивного водоотбора образовались глубокие депрессионные воронки пьезометрической поверхности.

По Латвии впервые приводятся данные по изучению подземного стока, который отличается геолого-гидрогеологическими, орографическими, геоморфологическими и климатическими условиями, что выявлено при исследовании его в зоне интенсивного водообмена. При этом необходимо было учитывать также подземный сток непосредственно в море, соседние территории и из одного речного бассейна в другой. Поэтому все расчеты проводились не по речным бассейнам, а по специально выделенным расчетным районам и участкам, отдельно подсчитан подземный сток в реки и сток «глубоких» артезианских вод. В результате выяснено, что в распределении подземного стока в реки и море по территории Латвии прослеживается определенная закономерность. Наибольшие значения модуля подземного стока относятся к районам возвышенностей (в Восточно-Латвийской возвышенности до 4,6 л/сек с 1 км<sup>2</sup>), наименьшие значения модуля (ниже 1 л/сек с 1 км<sup>2</sup>) — к Средне- и Восточно-Латвийским низменностям. Для большей части территории характерны модули подземного стока порядка 2—3 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Усредненное значение модуля глубокого артезианского стока по семи основным районам питания составляет 0,72 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, наибольшее (1,09 л/сек с 1 км<sup>2</sup>) относится к району Восточно-Курземской возвышенности, наименьшее — к северной части Курземского полуострова (0,26 л/сек с 1 км<sup>2</sup>).

Также впервые сделана попытка гидрогеолого-мелиоративного районирования с обоснованием дальнейших мероприятий в региональном плане работ мелиорации республики.

Установлены ресурсы минеральных вод и лечебных грязей главных курортов Латвии «Кемери» и «Балдоне», охарактеризовано формирование сероводородных вод и даны перспективы дальнейшего развития курортов.

Впервые для территории Латвии составлены: гидрогеологическая карта четвертичных отложений Латвийской ССР, на которой показано распространение водоносных горизонтов и водоупорных пород, показаны водопункты, глубина уровней вод, приведена гидрохимическая характеристика и химический состав вод по анионно-катионному составу и другие данные; гидрогеологическая карта дочетвертичных отложений Латвийской ССР, на которой показано распространение водоносных горизонтов и комплексов, водоупорных пород, выходящих на дочетвертичную поверхность, нанесены водопункты, показана водообильность горизонтов и комплексов (Кп) в м<sup>3</sup>/сутки, гидрохимическая и гидродинамическая характеристики и другие гидрогеологические элементы.

Составлена новая карта инженерно-геологического районирования. На карте выделены два региона, которые разделяются на области по

геоморфологическим признакам. Показаны районы распространения геолого-генетических комплексов пород и другие инженерно-геологические элементы.

Дальнейшее изучение гидрогеологии Латвии должно быть связано с окончанием комплексной геолого-гидрогеологической съемки для целей изучения пресных вод четвертичных и дочетвертичных отложений, залегающих близко к земной поверхности.

Для более эффективного использования подземных вод следует также увеличить темпы проведения детальных разведочных работ с подсчетом запасов подземных вод для крупнейших городов республики, промышленных центров и сельскохозяйственных районов. Шире развернуть режимные наблюдения за подземными, пресными и минеральными водами, связанными с более глубокими горизонтами. Поставить специальные работы по изучению минеральных вод второй зоны и рассолов третьей зоны с целью промышленной их оценки. Продолжать систематические работы по кадастру подземных вод с последующей подготовкой его к изданию. Разработать методику строгого геологического контроля за бурением артезианских скважин и эксплуатацией подземных вод и методику борьбы с истощением и загрязнением горизонтов подземных вод. Периодически пересоставлять в соответствии с новым материалом специальные гидрогеологические карты водообеспечения естественных и эксплуатационных ресурсов горизонтов пресных минеральных и промышленных вод с учетом фактического их загрязнения и истощения.

Развитие промышленности в республике потребует составления на базе новейших геологических и гидрогеологических материалов обзорных и более крупномасштабных детальных инженерно-геологических карт и обобщения всех новейших данных.

Строительство крупных инженерных сооружений (Плявиньская и Доленская ГЭС и др.) обуславливает необходимость постановки специальных инженерно-геологических и гидрогеологических исследовательских тематических работ.

## ЛИТЕРАТУРА

- Александров В. А. Классификация минеральных вод. Основы курортологии, т. 1. Медгиз, 1932.
- Александров В. А. Крепкие сульфидные воды Союза. «Курортология и физиотерапия», 1936, № 4.
- Андерсон О. Р. Геоморфологические условия размещения и некоторые свойства торфяных залежей бассейна реки Резекне «Тр. Латв. НИИГиМ», № 1. Елгава, 1962.
- Ансберг Н. А., Ринкс Э. Б., Селицкая Я. Я. Важнейшие четвертичные глины Латвийской ССР. Изд. АН Латв. ССР. Рига, 1955.
- Ауниньш Э. А. Химический состав воды р. Вента. «Сб. работ УГМС Латв. ССР и Рижской гидромет. обсерватории», вып. 3. Рига, 1963.
- Атлас северо-западной части Русской платформы (мат.-лы по геологии и нефтегазоносности) 1945—1948 гг. Мин-во нефтяной пром. СССР. ВНИГРИ, 1951.
- Биеллис В. Осушение сельскохозяйственных земель открытыми канавами в сб. «Гидротехника и мелиорация в Латвийской ССР», № 3. Елгава, 1963.
- Блюмштейн Э. Гидрохимические исследования на Варзи-Ятчинском курорте, грязевом болоте в 1932 г. «Сб. работ Казанского мед. ин-та», тт. IX—X, 1933.
- Буданов Н. Д. Гидрогеология Урала. Изд. во «Наука», 1964.
- Бунеев А. Н., Харитонова Л. П. О восстановлении сульфатов в воде Краинских источников в атмосфере водорода «Гр. лабор. гидрогеол. проблем АН СССР», т. 1, 1948.
- Бунеев А. Н. Основы гидрогеохимии минеральных вод осадочных отложений. Медгиз, 1956.
- Бурксер Э. С. Генезис и геохимическое районирование минеральных вод Украины. «Докл. АН УССР», 1946, № 3—4.
- Варданияц Л. А. Архей и протерозой «Геология СССР», т. XXXVIII. Госгеолтехиздат, 1960.
- Варфоломеева О. М. Карст в Латвийской ССР «Тр. ИГи». Изд. АН Латв. ССР. Рига, 1961.
- Варфоломеева О. М. Карстовые явления в долинах рек Даугавы и Лауце. «Тр. Ин-та геологии и полезных ископаемых», III. Рига, 1959.
- Владимиров А. Г. Мелиоративная гидрогеология. Госгеолтехиздат, 1960.
- Волкова О. Ю. Материалы к вопросу о биохимическом происхождении сероводорода в серных источниках Кавказских минеральных вод «Архив биологических наук», т. 43, вып. 2—3, 1936.
- Воскресенский К. А. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Гидрометеиздат, 1962.
- Галенникс М. Генезис и возраст приморских болот Латвийской ССР. «Тр. ин-та биол. АН Латв. ССР», 1955, № 3.
- Гидрогеологические сведения по рекам и озерам Латвийской ССР. Гидрометеиздат, 1950.
- Гидрогеологические ежегодники Бассейн Балтийского моря, т. 1 за период 1950—1960 гг. Гидрометеиздат, 1956—1960.
- Гинзбург-Карагичева Т. Л. Очерки микробиологии нефти. ОНТИ и НКТИ СССР, 1936.
- Глазачева Л. И. Гидрогеологический очерк оз. Кишэзерс. «Уч. зап. аспирантов Латв. гос. ун-та им. П. Стучки», т. I. «Сб. работ аспирантов географ. ф-та», вып. 1. Рига, 1963.
- Граудиня В. О. Химический состав дренажных вод. «Тр. Латв. НИИГиМ», № 1, Елгава, 1962.
- Гринбергс Э. Ф. Позднеледниковая и послеледниковая история побережья Латв. ССР. Изд. АН Латв. ССР. Рига, 1957.
- Гринбергс Э. Ф., Лиепиньш П. П., Ульст Р. Ж., Ульст В. Г. История гидрогеологического развития «Геология СССР», т. XXXVIII, Латв. ССР. Госгеолтехиздат, 1960.

Гринбергс Э Ф, Ульст В Г Четвертичная система «Геология СССР», т XXXVIII Госгеолтехиздат, 1960.

Грузис А Я К вопросу определения коэффициента фильтрации в лесных почвогрунтах «Тр Латв НИИГМ», № 1, Елгава, 1962

Даниланс И Я Некоторые вопросы геоморфологического картирования. Изд АН Латв ССР, № 9 (158) Рига, 1960

Дзенс-Литовский А И Соленоватые породы и соленые воды Советской Прибалтики «Советская геология», 1947, № 23.

Дзенс-Литовский А И Минеральные воды Прибалтийской впадины Исследования соляных месторождений и минеральных вод «Тр. Всесоюз науч-исслед ин та геологии», 1953

Друвиет Р Я, Биркман Ж М Торфяные месторождения Латв ССР и их использование Изд АН Латв ССР Рига, 1960.

Духанина В И, Родионов Н В, Семихатов А Н Карта грунтовых вод Европейской части СССР масштаба 1 : 1 500 000

Зекцер М С, Лавров А П. Гидрогеологическое районирование крупных речных бассейнов по условиям формирования подземного стока в реки на примере бассейна Зап Двины (Даугавы). АН БССР, т VII, № 8. Минск, 1963

Зекцер И. С Естественные ресурсы пресных подземных вод Прибалтийского артезианского бассейна. «Бюлл Моск об-ва испытателей природы», отд геол, 1963, № 5

Зиверт А А. Об определении водопроницаемости грунта в полевых условиях «Тр Латв НИИГМ», № 1. Елгава, 1962.

Исаченко Б. Л Обзор работ по микробиологии грязей и минеральных источников (1917—1937) Микробиология, т VIII, 1938

Инданс А П Тектоническая структура Латвии Изд АН Латв ССР Рига, 1962

Кадревитц Т А Режим работы насосных станций зимних польдеров в Латвийской ССР. Сб «Гидротехника и мелиорация в Латвийской ССР», № 3 Елгава, 1963

Каменский Г Н, Толстихина М М, Толстихин Н И Гидрогеология СССР Госгеолтехиздат, 1959

Киселев П А Исследование баланса грунтовых вод по колебаниям их уровня Изд-во АН БССР. Минск, 1961

Клявинь А Я, Спрингис К Я Доломиты Полезные ископаемые Латв ССР, вып 1 Карбонатные породы Изд. АН Латв. ССР Рига, 1957.

Клявинь А Я Полезные ископаемые долины реки Даугава в пределах Латвийской ССР «Геология долины р Даугава». Рига, 1959.

Ковалевский М. И. Соотношение рельефа и тектонической структуры территории Латв ССР Сб «Неотектоника СССР». Изд АН Латв ССР. Рига, 1961

Ковалевский В С Некоторые закономерности влияния климатических факторов на режим подземных вод «Разведка и охрана недр» Госгеолтехиздат, 1960

Ковалевский В. С Классификационная схема естественного режима грунтовых вод «Разведка и охрана недр», 1959, № 9

Куделин Б И. Гидрогеологический анализ и метод определения подземного питания рек «Тр лаборатории гидрогеол проблем» Изд СА СССР, М—Л, 1949

Куделин Б И Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. МГУ, 1960

Куделин Б И, Каробайникова Э А, Лебедева И А Естественные ресурсы подземных вод Центрально-Черноземного района и методика их картирования МГУ, 1963

Кудрин Л Н. К вопросу о генезисе сероводородных минеральных вод юго-западной окраины Русской платформы «Докл АН СССР», т 93, № 5. 1953.

Куршиш А И Дубанская проблема. Изд. АН Латв. ССР Рига, 1959

Курш В М Петрографический состав гравийных отложений Латв ССР Вопросы четвертичной геологии, вып. 1. Рига, 1962

Курш В. М Минеральное сырье Латвии для производства нерудных строительных материалов Изд. АН Латв. ССР Рига, 1963.

Кузнецов С И Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах Изд АН СССР, 1952

Лавринович М Г Подземные воды «Геология СССР», т XXXVIII, Латв ССР. Госгеолтехиздат, 1960

Лавринович М Г Некоторые данные о геотермических условиях гидрогеологии Латвийской ССР «Изв АН Латв ССР», 1962, № 6

Лавров А П, Зекцер И. С, Попов О В. Опыт изучения условий формирования естественных ресурсов подземных вод на примере бассейна Западной Двины МОИП, отд геол, 38, № 2 1963

Лаздане А. Я. Геоморфологический обзор Центрально-Видземской возвышенности «Уч зап Латв. ун та им П Стучки», т. 27. Рига, 1959

Лейшкалн М Ж Минералогический состав коллоидных фракций глин из некоторых разрезов франского яруса центральной части Латвийской ССР. «Тр ин-та геологии», т X Рига, 1963

Лиепиньш П П Отложения так называемых пурмальских мергелей Латв ССР «Изв АН Латв ССР, серия геол», 1946, № 4.

Лиепиньш П П О пермских отложениях Прибалтики. «Тр. ин-та геол и полезных ископ» АН Латв ССР, 1958

Лиепиньш П П Фамейские отложения Прибалтики. Изд. АН Латв ССР. Рига 1959

Лиепиньш П П Стратиграфия франских отложений Латв ССР Сб «Франские отложения Латв ССР» Тр ИГ г. Риги, т X Изд. АН Латв ССР Рига, 1963.

Лиепиньш П П Условия формирования франских отложений Прибалтики Сб «Фрачские отложения Латв ССР» Тр ИГ г Риги, т X Изд АН Латв ССР Рига, 1963

Лиепиньш П П Девонские отложения долины р Даугавы «Геология долины р Даугавы» Рига, 1959

Линде Э А Исследования микрофлоры вод Кемеровского месторождения «Тр ин та микробиол АН Латв ССР», VI Рига, 1958

Линдия Э Р Сводная легенда Прибалтийской серии листов гидрогеологической карты масштаба 1 200 000 Рига, 1964

Мятлев А Н Напорный комплекс подземных вод и колодцы Изд. АН СССР, ОТН, № 9, 1947.

Митгарц Б Б, Толстихина М М Основные этапы развития в палеозое докембрийского фундамента западной части Русской платформы Мат лы по геол Европ части СССР, 1952

Московкина Э Г Гидрологический режим р Даугавы «Геология долины р Даугавы» Изд АН Латв ССР Рига, 1959

Мутуль А Ф Инженерно-геологическая характеристика опорных участков Совещание по закреплению грунтов Рига, 1959

Наливкин Д В Учение о фациях Изд АН СССР М—Л, 1956

Норватов А М Минимальный сток малых рек Европейской территории СССР «Тр ГГИ», вып 52 1956

Норватов А М Минимальный сток малых рек в связи с подземным питанием «Тр ГГИ», вып 27/81, 1960

Овчинников А М Условия формирования мацестинских сероводородных вод «Тр лабор гидрогеол проблем им акад Ф П Саваренского» Изд АН СССР, 1949

Пастор А А Осадки, сток и испарение в Латв ССР «Тр. Латв НИИГиМ», № 2 Елгава, 1963

Пастор А А О водном режиме в почве «Тр Латв НИИГиМ», № 2 Елгава, 1963

Пельш А Д Динамика десульфатизационного процесса Микробиологический сб АН СССР, 1937

Попов И В Инженерия геология, ч I Общие основы региональной инженерной геологии Изд МГУ, 1961

Пуринь В Г Блаус И П Физико географическое описание и экономическая характеристика «Геология СССР», т XXXVIII, Латвийская ССР Госгеолтехиздат, 1960

Пэре Ф Л Гидрохимическая характеристика озер Латв ССР в связи с их типологией Сообщ 3 и 4 «Изв АН Латв ССР, серия биол», № 8, 1963

Рубеник Л И Сульфатредуцирующие бактерии Изд АН СССР, 1947

Ругевич К Определение округов охраны Кемерских Балдонских, Друскенинских и Цехониинских источников минеральных вод «Горный журнал», т 2, апрель-май, 1891

Рухина Е В «Литология моренных отложений» Л, 1960

Савваитов А С О распределении мощностей моренных суглинков на территории Латв ССР «Вопросы четвертичной геологии», вып 1 Изд АН Латв ССР Рига 1962

Сайдаковский С З О формировании сероводородных вод юго-западной окраины Русской платформы «Докл АН СССР», т 103, № 2 1955

Свиклис П Б Основные задачи науки в разработке и внедрении рациональных приемов мелиорации в Латвийской ССР «Гидротехника и мелиорация в Латв ССР», № 3 Елгава, 1963

Свиклис П Б, Федотова З Д, Уйска Я С Вопросы мелиорации сельскохозяйственных земель Латв ССР «Тр Латв НИИГиМ», № 1 Елгава, 1962

Семихатов А Н Гидрогеология Гос изд с-х лит, 1954

Сизов Н В Физико географическая характеристика некоторых озер Латв, ССР Изд АН Латв ССР Рига, 1959

Силин-Бекчурин А И Гидродинамические и гидрохимические закономерности на территории Прибалтики «Тр лабор гидрогеол проблем АН СССР», т XX, 1958

Спрингис Е. Н. Геоморфология строения четвертичного покрова и условия водоносности района гор. Даугавпилс Изд АН Латв ССР, Рига, 1960

Спрингис Е. Н. Древние карстовые провалы в долине р. Даугавы «Изв АН Латв ССР», № 6 (131), 1958

Спрингис Е. Н. Условия гидротехнического строительства на р. Даугаве «Тр. Ин-та геол. и полезных ископаемых», вып. VII Рига, 1959.

Спрингис К. Я. О новейших движениях в Латвийском синклинальном прогибе Неотектоника СССР (к VI Конгр. междунар. ассоц. по изуч. четвертичного периода) Изд. АН Латв ССР, Рига, 1961.

Стапреис В. Я. Миграция капиллярно связанной влаги в зоне аэрации Изд АН Латв ССР, Рига, 1954

Стапреис В. Я., Тенис Э. Ж., Латыщенко В. А. Естественные каменные материалы Латвийской ССР как заполнители для бетона. «Исследование по бетону и железобетону», вып. 1 Рига, 1956.

Стапреис В. Я. Миграция капиллярно связанной влаги в песчаных грунтах зоны аэрации Автореф. дисс. Рига, 1957.

Стапреис В. Я. О некоторых явлениях при фильтрации воды сквозь слоистую групповую толщу Рига, 1959

Стапреис В. Я. Трансляционная миграция капиллярно-подвешенной влаги в песчаных грунтах «Почвоведение», 1960, № 4.

Стапреис В. Я. Влияние постоянного электрического тока на осадки грунта и глубинное уплотнение грунтов песчаными сваями. Совещ. по закреплению грунтов Рига, 1959

Скрастина А. И. Известняки «Полезные ископаемые Латвийской ССР», вып. 1 Карбонатные породы Рига, 1957

Скуодис В. П. О древней погребенной долине в районе впадения р. Лауце в р. Даугаву «Тр. Ин-та геол. и полезных ископаемых АН Латв ССР», вып. III Рига, 1959

Соколов А. А. Влияние озерного регулирования на величину минимального стока рек Тр. ГГИ, вып. 43/97, 1954

Темникова Н. С. Климат Латвийской ССР Изд АН Латв ССР, Рига, 1958

Толстихин Н. И., Михайлов П. М. Минеральные источники и грязевые озера Восточной Сибири, их гидрогеология, бальнеохимия и курортологическое значение Иркутск, 1946

Толстихина М. М. Девонские отложения центральной части Русской платформы и развитие ее фундамента в палеозое Госгеолиздат, 1952

Ульст Р. Ж., Савваитова Л. С. О пористости и кавернозности доломитов даугавской свиты Латвийской ССР. «Тр. ИГ АН Латв ССР», вып. VII Рига, 1961

Ульст Р. Ж. Нижнепалеозойские и силурийские отложения Прибалтики и содержание в них рассеянного органического вещества Изд АН Латв ССР, Рига, 1959

Ульст Р. Ж. Кембрийская, ордовикская и силурийская системы «Геология СССР», т. XXXVIII Госгеолтехиздат, 1960

Файтельсон А. Ш. Использование результатов гравиразведки для выделения основных палеоструктурных элементов западных районов Советской Прибалтики Разв. и пром. геофизика, вып. 36, 1960

Файтельсон А. Ш. Строение осадочного чехла Прибалтики и структурно-тектоническое значение гравитационных и магнитных аномалий. «Прикладная геофизика», вып. 35 Гостехиздат, 1962.

Фиалковский П. Г. Основы проектирования осушительных систем для сельского хозяйства Изд-во Мин-ва сельск. хоз-ва РСФСР, М., 1961.

Шкиннис Ц. Н. Некоторые исследования режима уровней грунтовых вод на дерново-подзолистых, дерново-подзолисто-глеевых дренированных почвах «Тр. Латв. НИИГиМ», № 1, Елгава, 1962.

Шкиннис Ц. Н. Нормы расчетного дренажного стока (расчетный модуль) для суглинистых и супесчаных почв Сб. «Гидротехника и мелиорация в Латвийской ССР», № 2 Елгава, 1963

Якобсон Г. П. О формировании сероводородных вод Кемери. «Изв. АН Латв ССР», № 6 (119), 1957

Якобсон Г. П. Роль болот в формировании месторождений сероводородных вод. «Изв. АН Латв ССР», 1958, № 1.

Яуипутиньш А. И. Геоморфологическая характеристика «Геология СССР», т. XXXVIII Латв. ССР Госгеолтехиздат, 1960.

Яуипутиньш А. И. О некоторых проблемах геоморфологии Латв. ССР АН СССР, отд. геол.-географ. наук, М., 1960

Яуипутиньш А. И. Опыт геоморфологического районирования Латвийской ССР и его значение для ландшафтного районирования. «Уч. зап. Латв. гос. ун-та», т. 37 Рига, 1961.

Barloša T., Daniļāns I. Ledus laikmeta beigū posms un pēclēdus laikmets. «Latvijas PSR geoloģija» LPSR ZA izdevn., Rīga, 1961.

- Cukermanis K. Geologija un hidrogeologija (konspekts) Izvilkums no grāmatas «Norādījumi aku būvētājiem» Izdevn «Latvju grāmata», Rīgā, 1942
- Cukermanis K. Latvijas PSR kūrvietas, to minerālūdeņi un dziedniecības dūņas LPSR ZA Vēstis, Nr 1, Rīgā, 1947, Nr 1, lpp 126—143
- Cukermanis K. Ūdensapgādes apstākļi Liepājas pilsētā Latvijas tautsaimnieks, Nr 1/2, Rīgā, 1943
- Daniļāns I. Kvartāra periods un tā nogulumu Latvijā LV izdevn Rīgā, 1961
- Ducmanis V. Hidrogeoloģiskie pētījumi Baldonē un tās apkārtnē Baldones sēravotā aizsargājamais apvidus. ZBPI izdevums Rīgā, 1940
- Ķačalova O, Kumsāre A, Kundziņš M. Lielā ezeru Rīgas apkārtnē LPSR ZA izdevn Rīgā, 1962
- Kīne E. Siguldas «Zušu» un «Staiņu» sēravoti Latvijas PSR ZA Vēstis, Nr 9 Rīgā, 1950
- Klāne V. Ziemeļlatvijas zemesnes fiziski ģeogrāfiskās rajonēšanas mēģinājums LVU zinātn raksti, sēj Nr 27, Rīgā, 1959.
- Kovaļevskis M. Pamatiežu virsmas reljefs un kvartāra segas biežums Latvijas PSR teritorijā «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Kupcis J. Kādi minerālūdeņi un dūņas ir mums Latvijā? Rīgā, 1929
- Kuršs V. Dolomiti un kaļķakmeņi «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Lavrinovičs M. Hidrogeologija «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Liepiņš P. Juras nogulumu Polijas — Lietuvas iepakā LPSR ZA izdevn Rīgā, 1948
- Liepiņš P. Pamatklintais «Latv PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Liepiņš P. Devona, perma, triasa un juras sistēmas «Latv. PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Liepiņš P. Pirmskembrija attīstības posms «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Lauenkrāpča E. Par augšņu izplatību un Latvijas PSR devona nogulumiem Latv PSR ZA Vēstis, Nr 8 Rīga, 1960
- Meliorācija Latvijā, I. Izdevusi ZIP kultūrtehnikā daļa J. Baumaņa redakcijā, Rīgā, 1941
- Mutulis A, Zobenā A. Inženiergeoloģiskie apstākļi «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīga, 1961
- Mutulis A. Dabiskie buvākmeņi no mūsu pamatiežiem ZBPI izdevums Rīga, 1939
- Novikovs A. Derīgo izrakteņu ieguve un drošības tehnika Latvijas PSR karjeros LV izdevn Rīgā, 1959
- Odiņš J, Bušs K, Kļaviņš I, Maļke P. Mežu nosusināšana LV1 Rīgā, 1960
- Pera F, Ramane H. Hidrokīmiskie pētījumi sakarā ar Latvijas PSR ezeru tipoloģiju LPSR ZA Vēstis, Nr 6, Rīgā, 1959
- Ramane K. Latvijas PSR teritorijas ģeogrāfiskais stāvoklis un virsas rakstrurs «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Rieksts I. Metodes lietussgāžu virszemes noteces aprēķināšanai nosusināšanas sistēmās Valsts meliorācijas projekta inst arhīvs «Zinotājs» Nr 1 (rotātors) Rīgā, 1960
- Sloka I. Latv PSR ezeru un to zivis LPSR ZA izdevn Rīgā, 1956
- Springs K. Pleistocēna nogulumu «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Sķiņķis C. Par drenu dziļumiem un atstatumiem velēnu podzolaugsnēs VMP inst arhīvs, «Zinotājs» Nr 1 (rotātors). Rīga, 1961
- Skrastiņa A. Ģipsakmeņi «Latvijas PSR geologija» LPSR ZA izdevn Rīgā, 1961
- Tempikova N. Latvijas PSR agroklmatiskais raksturojums LV izdevn Rīgā, 1958
- Uiska I. Filtrācijas koeficienta noteikšana VMP inst arhīvs «Zinotājs» Nr 2 (rotātors) Rīgā, 1958
- Uiska I. Drenāža LV izdevn Rīgā, 1958
- Vītiņš J, Cukermanis K. Virsūdeņi un gruntsūdeņi Baldones apkārtnē ZBPI izdevums Rīga, 1940
- Vītiņš J. Vispārīgā rakstura pētījumi Ķemeru aizsargājamais apvidus ZBPI raksti, III Rīgā, 1941
- Vītiņš J. Hidrogeoloģiskie apstākļi Latvijas PSR LPSR ZA G un GI raksti I Rīgā, 1947
- Vītiņš J. Baldones aizsargājamais apvidus ZBPI raksti, I Rīgā, 1940
- Zīvertis A. Priekšlikums zaru drenu atstatuma noteikšanai smilts gruntis VMP inst arhīvs, «Zinotājs», Nr 1 (rotātors). Rīgā, 1961.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ СССР ТОМ XXXI

Латвийская ССР Часть I

Ведущий редактор Г. Ф. Неманова

Технические редакторы А. Г. Иванова,  
Г. М. Шмакова

Корректор Р. П. Нечаева

---

Подписано к набору 30/IX 1966 г

Подписано к печати 6/VII 1967 г

Печ л 14,25 с 3 вкл + 6 п л офс карты

Формат 70×108<sup>1/16</sup>

Уч изд л 23,65 в т ч офс вкл 4,96

Усл л 28,35

Т 08286

Зак № 880/9537 2

Индекс 3—4—1

Тираж 1000 экз

Цена 2 р 11 к

Бумага № 1 и офсетная

---

Издательство «Недра» Москва, К 12,  
Третьяковский проезд, 1/19  
Ленинградская картфабрика ВАГТ