

Академия наук Украинской ССР
Институт геологических наук

Препринт 90-23

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ТЕРРИТОРИИ г. ОДЕССЫ

Киев ИГН АН УССР 1990

Гидрогеологические условия территории г. Одессы. - Киев, 1990.
- 48 с. (Препринт/ АН УССР, Ин-т геологических наук; 90-20).

Подтопление зданий и инженерных сетей является острой проблемой для многих районов г. Одессы, расположенных в пределах водораздельного плато. В работе приведено подробное описание геоморфологии, геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий этой территории. Описана методика гидрогеологической схематизации, состоящая в построении комплекса разрезов и карт. В результате устанавливаются контуры участков, где подтопление не ожидается, где территория уже подтоплена, а также участков, где подтопление весьма возможно. Последние расчленяются на подучастки, исходя из конкретного строения слоистой лессовой толщи. Полученные результаты являются основой для инженерного прогноза подтопления.

Рассчитан на специалистов гидрогеологов и инженер-геологов, студентов геологических вузов.

Ил. 10. Табл. 5. Библ. 2 назв.

Авторы: М.И. Гоголев, Б.А. Корженевский,
Б.В. Будкин, В.Л. Мельничук

Ответственный редактор: И.П. Зелинский

Рецензенты: В.М. Воскобойников, Ю.Ф. Филиппов



Институт геологических наук
АН УССР, 1990

ВВЕДЕНИЕ

Подтопление городских территорий имеет широкое распространение в СССР, в частности на Украине. Оно активно изменяет инженерно-геологические характеристики пород, качество среды, в которой расположены инженерные коммуникации и фундаменты зданий.

Подтопление происходит под влиянием многочисленных потерь воды из водонесущих коммуникаций, вследствие нарушения поверхностного стока, изменения термовлажностного режима пород зоны аэрации. Однако, при одной и той же величине дополнительного антропогенного питания грунтовых вод, в разных гидрогеологических условиях подтопление происходит по-разному, вплоть до того, что в районах с хорошей естественной дренированностью этот неблагоприятный процесс может отсутствовать.

В Одессе подтопление городской территории имеет место. В центральных районах, на юго-западном массиве режимные скважины фиксируют подъем уровня грунтовых вод; имеют места случаи затопления подвалов, просадок зданий. Интенсивное развитие процессов подтопления территории города объясняется гидрогеологическими условиями водораздельных участков, где грунтовые воды формируются на водоупоре красно-бурых глин и залегают в лессовой толще со слабой дренированностью. По данным Л.А.Грызы и Р.А.Смирнова /1/ средняя скорость подъема грунтовых вод в течение первых 50 лет после строительства Одесского водопровода составила 0,75-0,30 м/год.

Прогноз подтопления территории является важной составной частью системы инженерного обеспечения города. В зависимости от прогнозируемых темпов процесса подтопления должны проектироваться системы водопонижения и другие защитные мероприятия. Прогноз подтопления территории необходимо учитывать при планировании затрат материальных ресурсов, объемов и способов ремонтных работ на водонесущих коммуникациях.

С целью составления прогноза подтопления территории г.Одессы были предприняты научные исследования, представленные в настоящем и в следующих выпусках научных трудов ИГН АН УССР.

В ходе работы собраны литературные и фоновые материалы

о геоморфологических, геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях территории города, и построен ряд карт, являющихся основой для проведения гидрогеологической схематизации. Результатом гидрогеологической схематизации является схема районирования территории по гидрогеологическому строению. В настоящей работе содержание основных методических проработок демонстрируется на примере типичного для территории Центрального района г. Одессы. Поскольку работа направлена на прогноз подтопления города грунтовыми водами, описание гидрогеологических условий детализировано для верхних частей разреза, сложенных слоистой лессовой толщей. Гидрогеологические условия более глубоких водоносных горизонтов рассматриваются в работе настолько, насколько они могут повлиять на процесс подтопления территории.

I. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ОДЕССЫ

I.I. Геоморфологические условия

Одесское побережье Черного моря ограничено с северо-востока подтопленными морем низовьями долин рек Малый и Большой Куяльник (Хаджибейский и Куяльницкий лиманы), а с юго-запада – слившимися устьевыми частями Великодолинской, Дальницкой и Малодолинской балок (долина Сухого лимана).

Отметки поверхности земли колеблются здесь от первых метров в устьях балок до 77–85 м в наиболее возвышенной части рельефа – в верховьях Малодолинской, Дальницкой, Нерубайской, Фоминой балок (в пределах Шкодогорского орошающего массива).

Со стороны моря Причерноморская низменность ограничивается крутым береговым обрывом – денудационным уступом высотой от первых метров на приливанных и прибалочных участках территории до 50 м на водораздельных участках побережья (мыс Большой Ронтан, мыс Ланжерон, мыс Северо-Одесский).

Основными рельефообразующими факторами здесь были денуда-

ционные процессы, эрозионно-аккумулятивная деятельность рек, дельт, абрация. Различные комбинации данных факторов привели к образованию следующих геолого-морфогенетических типов рельефа:

– аккумулятивно-денудационный (слабонаклонная к морю водораздельная лессовая равнина, залегающая на неогеновых отложениях). Его образование обусловлено, в основном, действием денудационных процессов.

– эрозионно-денудационный (наклонная в сторону крупных эрозионных врезов склоновая поверхность, сложенная дельвильскими образованиями, залегающими на неогеновых отложениях).

– эрозионно-аккумулятивный (поверхность речных долин и крупных древних балок) сложенная четвертичными аллювиальными отложениями, залегающими на неогеновых породах карбонатно-песчано-глинистой формации).

В пределах рассматриваемой территории основное развитие получила аккумулятивно-денудационный тип рельефа, представленный первично-аккумулятивной неоген-четвертичной равниной, сложенной в верхней части элювиально-золово-делювиальными лессовыми отложениями, в нижней – субазральными верхнеплиоценовыми красно-бурыми глинами, подстилающимися на основной части городской территории известняками.

Центральный район города Одессы расположен на водораздельной лессовой равнине, на ее прибрежном участке, и ограничен с северо-запада балкой Водяной с абсолютными отметками тальвега от 4 – 6 м до 2 м в приусыевой части, с севера и северо-востока – прибрежно-морской террасой (абсолютные отметки поверхности 15 – 4 м), круто обрывающейся к морю и отделенной от плато денудационным уступом с перепадом высот 10–15 м. Абсолютные отметки поверхности самого Центрального района колеблются от 56–55 м в центре до 36–40 м при удалении от центра. Особенно быстро уменьшаются высоты поверхности в направлении от центра (пересечение ул. Островидова с ул. Льва Толстого и Петра Великого) к балке Водяной.

Административными границами Центрального района являются:

– ул. Брунзе (пролегающая по Водяной балке);

- ул. Советской Армии на востоке;
- ул. Суворова на севере.

I.2. Геологическое строение и инженерно геологические условия

В комплекс пород, принимавших участие в строении водораздельных участков плато на Одесском побережье входят отложения неогенового и четвертичного возраста.

В основании части геологического разреза, соответствующей зоне активного водообмена, залегают неогеновые отложения миотического яруса ($N_{\text{мт}}$). Они представлены толщей серо-зеленых плотных глин озерно-лагунного и прибрежно-морского генезиса с прослоями и линзами тонкозернистых глинистых песков, супесей и суглинков. Мощность толщи колеблется от 50 и до 25-35 м.

В пределах водораздельного плато миотические отложения сменяются выше по разрезу pontическими ($N_{\text{пн}}$). Породы pontического яруса на территории Центрального района представлены толщей известняков, в основании и кровле которых встречаются подизвестниковые глинистые отложения мощностью 0,5-1,0 м и надизвестниковые песчано-глинистые и мергелистые отложения мощностью 0,5-1,5 м, не имеющие повсеместного распространения. Нижняя часть известняковой толщи представлена мягким слабо-цементированным известняком-ракушечником, мощность до 10 м, в основании которого залегает маломощный прослой (до 0,4-0,6 м) перекристаллизованного известника. Верхняя часть толщи pontических известняков сложена частично перекристаллизованными плотными, часто плитчатыми известняками мощностью до 1,0-1,5 м, которые в кровле толщи иногда разрушены до состояния щебня и дресвы с глинистым и суглинистым заполнителем. Мощность pontической толщи составляет 13-15 м, изменяется по направлению к крупным балкам, местами она полностью эродирована, в данном случае в пределах территории Центрального района - балкой Водяной. Абсолютные отметки кровли колеблются от 25,0 до 30,0 м.

Отложения pontического яруса в разрезе района перекрыва-

тся толщей верхнеплиоценовых красно-бурых глин, представленных субзональными, континентальными, широко распространенными на водораздельной равнине и ее склонах, отложениями крыжановских (N_1 , mg) и широкинских (N_2 , sh) слоев. Сформированные в схожих условиях мягкого и сухого климата, они очень близки по своим литологическим и инженерно-геологическим признакам, что затрудняет их расчленение. Поэтому, эти слои часто объединяют в один инженерно-геологический элемент.

Естественная влажность колеблется от 0,16 до 0,25 в среднем принимая значения 0,20, объемный вес - от 1,81 г/см³ до 2,01 г/см³ при средних значениях 1,92; число пластичности - от 0,17 до 0,23 при средних значениях 0,21; пористость - от 0,35 до 0,45 при средних значениях 0,41. Компрессионный модуль деформации при нагрузке до $P_2 = 2$ кг/см² составляет 110 кг/см². Угол внутреннего трения составляет 20° удельное сцепление 0,36 кг/см².

Общая мощность верхнеплиоценовых красно-бурых глин изменяется от 1 м до 6 м при средней 4,4 м. Кровля красно-бурых глин залегает на глубине 1,0-25,0 м (абсолютные отметки 28, 84 - 39,10 м).

Выше по разрезу красно-бурые глины сменяются лессовой толщей нижне-верхнечетвертичного возраста, элювиально-водово-делювиального генезиса, сплошным чехлом покрывающей водораздельное плато и его склоны.

Характерной особенностью указанных образований является чередование стратиграфо-генетических слоев ископаемых почв и lessов, представленных легкими, средними или тяжелыми суглинками, реже глинами. Общая мощность колеблется в пределах 6-15 м, достигая 25 м. Разделение этой толщи произведено согласно региональной унифицированной стратиграфической схемы УРСМК по опорным разделам-аналогам. В данном случае по разрезу у п. Черноморка выделены следующие горизонты:

Мартоновский горизонт ($e, ad I_{mg}$) - ископаемые почвы. Слоиены тяжелыми суглинками и глинами коричнево-бурыми, тугопластичными. Естественная влажность колеблется от 0,18 до 0,24 при средних значениях 0,21; объемный вес - от 1,78 г/см³ до 1,98 г/см³ при среднем значении 1,89 г/см³; число пластичности - от 0,15 до 0,23 при среднем значении 0,19; пористость

от 0,39 до 0,46 при среднем значении 0,43. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от $P_{d\text{d}}$ до $P_d = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$ составляет $120 \text{ кг}/\text{см}^2$, угол внутреннего трения 21° , удельное сцепление - $0,29 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Сульский горизонт (VIII) - лессы, сложены средними, редко легкими и тяжелыми суглинками. Естественная влажность равна 0,17; объемный вес $1,71 \text{ г}/\text{см}^3$; число пластичности 0,13; пористость - 0,45. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от $P_{d\text{d}}$ до $P_d = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$ составляет $88 \text{ кг}/\text{см}^2$, угол внутреннего трения 22° , удельное сцепление - $0,29 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Лубенский горизонт (IX) - склонные почвы. Представлены тяжелыми, редко средними суглинками. Естественная влажность 0,40; объемный вес $1,87 \text{ г}/\text{см}^3$; число пластичности 0,18; пористость 0,45. Компрессионный модуль деформации в интервале нагрузок от $P_{d\text{d}}$ до $P_d = 2 \text{ г}/\text{см}^2$ составляет $125 \text{ кг}/\text{см}^2$, угол внутреннего трения 20° , удельное сцепление $0,39 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Тилигульский горизонт (XII) - лессы, представлены суглинками средними, легкими, редко тяжелыми. Естественная влажность колебается в пределах 0,15-1,16; объемный вес - $1,65-1,70 \text{ г}/\text{см}^3$; число пластичности - 0,10-0,16; пористость - 0,46-0,47. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от $P_{d\text{d}}$ до $P_d = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$ составляет $155 \text{ кг}/\text{см}^2$ при естественной влажности и $70 \text{ кг}/\text{см}^2$ в водонасыщенном состоянии; угол внутреннего трения и удельное сцепление в естественном состоянии составляет соответственно 22° и $0,41 \text{ кг}/\text{см}^2$, в водонасыщенном состоянии 19° и $0,14 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Завадовский горизонт ($\text{XI}_{2\text{v}}$) - склонные почвы, сложены тяжелыми суглинками. Естественная влажность колебается от 0,15 до 0,21 при среднем значении 0,18; объемный вес - от $1,77 \text{ г}/\text{см}^3$ до $2,00 \text{ г}/\text{см}^3$ при среднем значении $1,85 \text{ г}/\text{см}^3$; число пластичности - от 0,15 до 0,20 при среднем значении 0,17; пористость - от 0,37 до 0,45 при среднем значении 0,42. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от $P_{d\text{d}}$ до $P_d = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$ в естественном состоянии составляет $95 \text{ кг}/\text{см}^2$, в водонасыщенном $55 \text{ кг}/\text{см}^2$; угол внутреннего трения и удельное

сцепление в естественном состоянии составляет 22° и $0,30$ кг/см 2 , в водонасыщенном состоянии соответственно 19° и $0,20$ кг/см 2 .

Днепровский горизонт (ЧДи) – лесса. Сложены легкими, реже средними суглинками. Естественная влажность колеблется от $0,10$ до $0,23$ при среднем значении $0,16$; объемный вес от $1,49$ до $1,68$ г/см 3 при среднем значении $1,71$ г/см 3 ; число пластичности – от $0,08$ до $0,14$ при среднем значении $0,11$; пористость – от $0,42$ до $0,50$ при среднем значении $0,46$. Компрессионный модуль деформации при нагрузках от $P_{1/2}$ до $P_4 = 2$ кг/см 2 в естественном состоянии – 80 кг/см 2 ; в водонасыщенном состоянии – 42 кг/см 2 ; угол внутреннего трения и удельное сцепление в естественном состоянии составляет соответственно 23° и $0,16$ кг/см 2 ; в водонасыщенном состоянии 23° и $0,10$ кг/см 2 .

Кайдакский горизонт (ЧДи) – скопаемые почвы. Сложены суглинками средними и тяжелыми. Естественная влажность принимает значения от $0,14$ до $0,19$ при среднем $0,17$; объемный вес – $1,62$ - $1,93$ г/см 3 при среднем $1,79$ г/см 3 ; число пластичности – $0,12$ - $0,17$ при среднем значении $0,15$; пористость – от $0,40$ до $0,47$ при среднем значении $0,43$. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от $P_{1/2}$ до $P_4 = 2$ кг/см 2 характеризуется значением в естественном состоянии 95 кг/см 2 , в водонасыщенном состоянии 45 кг/см 2 ; угол внутреннего трения и удельное сцепление в естественном состоянии 23° , $0,18$ кг/см 2 ; в водонасыщенном состоянии – 20° ; $0,10$ кг/см 2 .

Прилукский горизонт (ЧДи) – скопаемые почвы. Сложены суглинками средними и тяжелыми. Естественная влажность колеблется в пределах $0,14$ - $0,17$ при средней $0,16$; объемный вес – $1,66$ - $1,80$ г/см 3 ; число пластичности – $0,13$ - $0,16$; пористость – $0,43$ - $0,46$.

Удайский горизонт (ЧДи) – лесса. Представлен средними суглинками. Естественная влажность принимает среднее значение $0,15$; объемный вес – $1,7$ г/см 3 ; число пластичности – $0,13$; пористость – $0,44$.

Витачевский горизонт (*вд 1 вт*) - ископаемые почвы, сложенные суглинками средними и тяжелыми. Естественная влажность принимает значения от 0,15 до 0,18 при средней 0,18; объемный вес - 1,59 г/см³ - 1,88 г/см³ при среднем значении 1,75 г/см³; число пластичности 0,11-0,17 при среднем значении 0,14; пористость - 0,41-0,49 при среднем значении 0,44. Физико-механические значения свойств грунтов аналогичны для лесовых горизонтов *вд 1 вд*, *вд 1 вл*. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от P_{12} до $P_3 = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$ составляет при естественной влажности 75 кг/см² в водонасыщенном состоянии 50 кг/см². Угол внутреннего трения при естественной влажности 18°; удельное сцепление 0,28 кг/см², в водонасыщенном состоянии - угол внутреннего трения 16°; удельное сцепление 0,20.

Бугский горизонт (*вд 1 вд*) - лессы, сложенные легкими суглинками. Естественная влажность принимает значения от 0,09 до 0,20, при средней 0,13; объемный вес - 1,41-1,69 г/см³ при среднем значении 1,54 г/см³; число пластичности - 0,07-0,11 при среднем значении 0,09; пористость 0,46-0,54 при среднем значении 0,50. Компрессионный модуль деформации при нагрузке от P_{12} до $P_3 = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$ в естественном состоянии 69 кг/см², в водонасыщенном - 24 кг/см²; угол внутреннего трения при естественной влажности 23°, удельное сцепление 0,20 кг/см², в водонасыщенном состоянии соответственно 20° и 0,10 кг/см².

Дофиновский горизонт (*вд 1 дг*) - ископаемые почвы, представленные средними, реже легкими и тяжелыми суглинками. Естественная влажность колеблется от 0,11 до 0,23 при среднем значении 0,16; объемный вес - 0,51-1,98 г/см³ при среднем значении 1,73 г/см³; число пластичности - 0,08-0,19 при среднем значении 0,14; пористость - 0,40-0,50 при средней 0,47.

Причерноморский горизонт (*вд 1 РС*) - лессы, представленные суглинками средними, реже легкими. Естественная влажность принимает значения от 0,11 до 0,19 при средней 0,16; объемный вес - 1,47-1,87 г/см³ при среднем значении 1,67 г/см³; число пластичности - 0,08-0,16 при среднем значении 0,12; пористость - 0,41-0,51 при средней 0,46. Компрессионный модуль деформации при нагрузке P_{12} до $P_3 = 2 \text{ кг}/\text{см}^2$, при естествен-

ной влажности равен 69 кг/см², в водонасыщенном состоянии 24 кг/см². Угол внутреннего трения и удельное сцепление в естественном состоянии равно 19° и 0,15 кг/см²; в водонасыщенном состоянии соответственно 16° и 0,08 кг/см². Физико-механические значения свойств грунтов аналогичны для лессовых горизонтов II и III.

В связи со сходством литологического состава и структурно-текстурных особенностей при малой мощности и фрагментарном распространении разделяющих слоев, а также в связи с возникающей при этом трудностью расчленения, часто применяется укрупненное разделение лесовой толщи. Так для Центрального района г. Одессы на основании материалов, полученных из ряда скважин, пройденных при изысканиях для проектирования объектов гражданского строительства на территории района Одесским филиалом УкрГИИТИЗа, УкрэгипроКоммунстрое и другими организациями выделены следующие объединенные горизонты:

1. Завадовско - мартоножские тяжелые лессовидные суглинки (еедIир - сIзv). Общая мощность отложений этого возраста колеблется от 1,2 до 10,1 м при среднем значении 6,2 м. Залегает на глубинах от 10 до 15 м (абсолютные отметки 36-39 м).

2. Днепровские лессы (иIд4). Общая мощность отложений колеблется от 1,3 до 3,3 м при среднем 2,2 м. Залегают на глубинах от 9 до 12 м (абсолютные отметки 40,0-42,0 м).

3. Кайдакско-витачевские лессовидные суглинки (еIкd-e, сIдIрt). Общая мощность колеблется от 0,7 до 6,0 м, при среднем 3,06 м. Залегает на глубинах от 6 до 9 м (абсолютные отметки 44,0-45,0 м).

4. Бугские лессы (иIд6). Общая мощность колеблется от 2,4 до 5,5 м при среднем 4,17 м. Залегает на глубинах 2,5-3,7 м (абсолютные отметки 47,0-50,6 м).

5. Дофиновско-причерноморские лессы (еIд4f - иIлIIIр2). Общая мощность колеблется от 1,1 до 5,0 м при среднем 3,04 м. Залегает на глубинах 0,5-2,6 м (абсолютные отметки 49,6-55,3 м).

Описанная выше лессовая толща принадлежит к одному элювиально-солево-делювиальному инженерно-геологическому комплексу пород. Преобладающая роль в этом комплексе принадлежит лессовид-

ным суглинкам тяжелого состава - ископаемым почвам красноцветной окраски, отличающимся плотным природным сложением. Подчиненное значение имеют лессовые породы, представленные легкими и средними суглинками с недоуплотненным природным положением, хорошо выраженной макропористостью, анизотропностью пород в вертикальном и горизонтальном направлениях, высоким содержанием пылеватой, особенно крупнопылеватой фракции, однородностью, желтовато-серовато-палевой окраской. Наиболее четко в геологическом разрезе прослеживаются два слоя лессов - бугский и днепровский. Однако, как было сказано выше, некоторые смежные слои ископаемых почв характеризуются близкими значениями показателей механического состава и физико-механических свойств, а многие слои лессов, за исключением бугского и днепровского, повсеместного распространения не имеют и крайне не выдержаны по мощности, что позволяет объединить некоторые горизонты в укрупненные регионально выраженные минерально-геологические слои.

1.2.1. Физико-геологические процессы и явления

Из современных физико-географических процессов развитых на территории Центрального района имеют место просадки лессовых грунтов при замачивании, подтопление застроенных территорий, сдвижение пород над горными выработками, подработка территории, карстовые процессы.

Просадочность проявляется в лессовых породах и зависит от их минералогического и механического состава, степени влажности и уплотненности, а также присутствия легкорастворимых солей и структурных особенностей. Наибольшая просадочность свойственна днепровскому (0,002-0,72) и бугскому (0,001-0,038) лессам, наименьшая - суглинками марганецкого и лубенского слоев (0,000-0,011). Увеличение просадочности пород происходит под действием дополнительной нагрузки.

В пределах территории г. Одессы преобладает первый тип грунтовых условий по просадочности, при котором просадка грунта от собственного веса практически отсутствует или не превышает 5 см.

Наиболее просадочные разности лессовых пород находятся в верхней части разреза и отличаются невысокой природной влажностью. Дополнительное замачивание может привести к появлению просадочных деформаций, как это произошло на Шкодогорском орошаемом массиве, а также на многих участках подтопления городской территории.

1.2.2. Сдвижение пород над горными выработками

На территории г. Одессы имеются так называемые "мины" искусственные пустоты в лессовых грунтах и катакомбы - сеть подземных горных выработок в толще известняков; "мины" предназначались для разного рода складских помещений и расположены на глубинах до 7,0 м, ширина их до 2,0-4,0 м и высота до 2,2 м. Встречаются в центральной части города (ул. Франца Мегчинга, Подольского, Ярославского, Орджоникидзе и др.) на наиболее повышенных частях рельефа. Наличие таких пустот неоднократно приводило к оседанию дневной поверхности и провалам диаметром до 6,0 м.

Катакомбы проходились в толще мягких "пильных" известняков - ракушечников для добывания строительного материала. Проходка "катакомб" велась без креплений, в связи с чем происходит обрушение кровли и также разрушение целиков. Снижение прочности известняков способствует увлажнение их в связи с наличием естественного вертикального оттока в толще почвенных известняков грунтовых вод, а также их искусственного сброса.

План подземных выработок на всей территории г. Одессы отсутствует.

Подработанность городской территории подземными горными выработками (предположительно до 30-35%) приводит к "площадным" оседаниям земной поверхности, к авариям подземных коммуникаций и разрушению зданий и сооружений.

Это вызывает необходимость инженерной защиты подработанных территорий, чему должны предшествовать организация режимных наблюдений за осадками зданий и сооружений и производство планиметрической маркшейдерской съемки катакомб для составления плана подземных выработок для территории г. Одессы.

I.2.3. Карстовые процессы

Карстовые процессы проявляются на участках развития ракушечно-детритусовых известняков, трещиноватых, макропористых и кавернозных.

В районе г. Одессы преобладают площади развития закрытого карста, где закарстованные породы перекрыты песчано-глинистой толщей плеистоцен-плиоценовых отложений.

Карстопоявления представлены полостями различных размеров и конфигураций (каверны, ниши, пещеры).

I.2.4. Подтопление городской территории

Подтопление городской территории грунтовыми водами, его механизм, причины, количественные параметры будут детально рассмотрены в следующих материалах.

При подъеме уровня грунтовых вод достигающих глубин заложения фундаментов зданий и сооружений, а также подтоплении подземных коммуникаций (сети водопровода, канализации, теплотрасс и т. д.) возможно недопустимое ухудшение физико-механических свойств грунтов основания, развитие неблагоприятных физико-геометических процессов, нарушение условий нормальной эксплуатации заглубленных помещений и т. п.

Водонасыщение грунтов при подъеме подземных вод может привести к дополнительным деформациям оснований, в том числе вследствие дополнительных осадок. Это происходит в случаях, когда здания или сооружения были запроектированы без учета полного водонасыщения грунтов оснований, что естественно имеет место в центральной, старой части города.

Подъем подземных вод вызывает изменение напряженного состояния грунтов оснований вследствие гидростатического и гидродинамического взвешивания. Подтопление застроенных территорий подземными водами ведет к водонасыщению грунтов оснований, ухудшению их деформационных характеристик и изменению напряженного состояния скимаемой толщи основания.

I.3. Гидрогеологические условия

Подземные воды Одесского побережья распространены в четвертичных аллювиально-солово-делювиальных, лиманно-морских, аллювиально-делювиальных, делювиально-оползневых и неогеновых куальниковых, понтических, меотических и т.д. отложениях.

В зоне активного водообмена постоянно существует два водоснабжающих горизонта, учитываемых при расчетах подтопления городской территории:

- нижне-верхнечетвертичные аллювиально-солово-делювиальные отложения ($\text{e}, \text{vd I-III}$),
- понтические отложения ($N_2 \text{ pt}$).

I. Нижне-верхнечетвертичный водоносный горизонт аллювиально-солово-делювиальных отложений. Распространен в пределах водорадиального плато в покровных образованиях лессовидной толщи, в составе которой выделено 16 стратиграфических горизонтов, различающихся по условиям их формирования и, соответственно по фильтрационным характеристикам.

Отличительной особенностью лесовых пород является их слабая водоотдача и низкая водопроницаемость; уровень грунтовых вод сравнительно легко фиксируется в легких макропористых разностях недоуплотненного природного сложения.

Менее проницаемыми являются горизонты погребенных почв, более водопроницаемыми - горизонты чешуйчатых и средних разностей лессовидных суглинизов.

В пределах территории г. Одессы отмечается наличие двух наиболее водопроницаемых слоев, представленных легкими лессовидными разностями (лессами) - бугского и днепровского. Они являются водовмещающими для двух водоносных подгоризонтов - верхнего и нижнего.

Нижний (приуроченный к днепровскому лессу) водоносный подгоризонт залегает в основании среднечетвертичных отложений. Мощность до 3 м. Относительным водоупором служат менее водопроницаемые ископаемые почвы завадовского слоя со всей нижнечетвертичной толщей лессовидных суглинизов и верхнеплиоценовые краснобурьи глины, являющиеся первым от поверхности региональным водоупором для всех покровных образований.

Кровля верхнеплиоценовых глин имеет общий уклон в сторону

моря. Региональной областью питания горизонта грунтовых вод являются водораздельные пространства Причерноморья. Формированию потока грунтовых вод из области питания способствует снижение абсолютных отметок кровли красно-бурых глин (от 38–39 м в верховьях Нерубайской балки до 31–32 м в центральной части г. Одессы и до 10–12 м в районе п. Черноморка) и подошвы витачевского горизонта.

Необходимо отметить, что до строительства Одесского водопровода грунтовые воды имели локальное распространение и наличие их фиксировалось на гипсометрическом уровне распространения отложений днепровского горизонта. Это свидетельство наличия естественных путей формирования нижнего водоносного подгоризонта.

Однако уже в ближайшие годы после строительства и ввода в эксплуатацию Одесского водопровода и после застройки ранее пустовавших городских участков уровень грунтовых вод фиксировался уже на значительно меньшей глубина – на гипсометрическом уровне распространения бугских отложений и выше. Это свидетельствует о постепенном формировании здесь верхнего водоносного подгоризонта, основным источником которого является хозяйственная деятельность человека.

По химическому составу воды верхнего подгоризонта относятся к типу гидрокарбонатно-хлоридно-натриевых, сульфатно-гидрокарбонатно-магниевых и хлоридно-сульфатно-натриевых.

Химический состав этих вод формируется за счет инфильтрации в лессовую толщу пресных и минерализованных вод из водопровода и канализации, промыленных стоков, атмосферных осадков, через загрязненный культурный слой почв и т.д.

Для них характерна высокая окисляемость, повышенное содержание нитратов, нитритов и аммиака. Минерализация этих вод колеблется в широких пределах от 1,0–3,0 г/л до 10 г/л и более.

По характеру минерализации воды нижнего подгоризонта относятся к хлоридно-натриевому, сульфатно-хлоридно-магниево-натриевому, гидрокарбонатно-натриевому типам.

2. Водоносный горизонт pontического яруса. Водовмещающими породами являются пористые, рыхлые, трещиноватые, закарстованные разности известняков-ракушечников, залегающие в нижней части разреза толщи pontических известняков. Мощность водоносного горизонта колеблется от 0,5 м в районе п. Черноморка до 6 м в районе Шкодовой горы при средней мощности 2–3 м.

Мощность pontического водоносного горизонта на территории Центрального района колеблется от 2 до 4 м при общей мощности pontических отложений от 10 до 15 м.

Горизонт имеет региональное питание со стороны северного борта Причерноморского прогиба, чему способствует и погружение в южном направлении кровли подстилающего водоупора - меловых глин.

Дополнительным источником питания pontического водоносного горизонта является приток из вышележащего четвертичного водоносного горизонта через зровионные "окна" в толще красно-бурых глин и на овражно-балочных участках, а также за счет искусственного сброса посредством вертикальных дренажных систем. Значения коэффициента фильтрации известняков колеблются от 43 м/сут до 138 м/сут при среднем значении 74,8 м/сут (Смирнов Р.А., Пряников В.И., Малеванный Е.Т., Галонов Е.А. и др.).

По химическому составу pontические воды сульфатно-хлоридно-натриевые или магниевые с минерализацией от 1-3 до 6-7 г/л, с высоким содержанием хлоридов (до 3,3 г/л) и сульфатов (до 2,4 г/л).

I.4. Режим и баланс четвертичного водоносного горизонта

Первое упоминание о положении уровня грунтовых вод встречается в работе И.Ф. Синцова (1984). По его данным в прошлом веке вода в лесах на территории города встречалась с глубин более 15 м. Пуск водопровода в конце прошлого - начале нынешнего века привел к подъему уровня грунтовых вод со средней скоростью около 0,3 м/год (данные за первые пятьдесят лет работы водопровода). Режимные наблюдения, проводимые на территории города Противооположенным управлением, показывают, что в настоящий момент грунтовые воды находятся в нестационарном состоянии, образуются купола грунтовых вод, происходит подтопление подвальных частей зданий, осадка зданий и сооружений, происходящая вследствие потери замоченными лесовыми грунтами несущей способности. В настоящее время скорость подъема уровня грунтовых вод по некоторым наблюдательным скважинам превышает 1 м/год (см. далее пункт 2.3).

Первый расчет баланса грунтовых вод выполнен для всей терри-

тории г. Одессы (площадь 14,5 тыс. га) В.И.Богдановым, Р.А.Смирновым, С.Н.Кауновым, А.А.Грязой в 1968 году. Позднее В.Ф.Ткаченко и И.Б.Сутягина провели расчет баланса для центральной части г. Одессы на площади 7,67 тыс. га в 1981 году.

Балансовое уравнение четвертичного водоносного горизонта имеет следующий вид:

$$Q_{\text{бл}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{о}} + Q_{\text{ш}}$$

где сумма приходных статей баланса $Q_{\text{бл}}$ складывается из вертикального притока за счет утечек воды из водопровода ($Q_{\text{в}}$), канализации ($Q_{\text{к}}$), впитывания осадков ($Q_{\text{о}}$) и подливных вод Шкодогорского оросительного массива ($Q_{\text{ш}}$).

$Q_{\text{в}}$ - расход на горизонтальный сток в сторону границы плато.

$Q_{\text{л}}$ - расход на переток в понтический водоносный горизонт через относительный водоупор под влиянием градиента напора, а также дренажных скважин и других искусственных выработок.

$Q_{\text{т}}$ - расход на транспирацию.

$Q_{\text{о}}$ - изменение статических запасов антропогенного водоносного горизонта.

Составляющие баланса (I) по расчетам имеют такие значения (Табл. I):

Таблица I

Составляющие баланса

Положительные			Отрицательные		
№ пп	Наименование:	Величи- на млн. м ³ /год	№ пп	Наименование:	Величи- на млн. м ³ /год
I.	Суммарная ин- фильтрация	64,082 100,0	I.	Боковой отток	0,546 0,0
			2.	Отток в ниж- лежащий водо- носный гори- зонт	59,855 93,4
			3.	Транспирация	2,300 3,6
			4.	Увеличение статических запасов	1,381 2,2
Сумма:		64,082 100,0	Сумма:		64,082 100,0

В.Ф.Ткаченко и М.Б.Сутагиной (2) были получены такие значения составляющих баланса четвертичного водоносного горизонта (Табл. 2).

Таблица 2

Составляющие баланса

Положительные				Отрицательные			
№	Наименование	Величина	%	№	Наименование	Величина	%
пп		на млн. м ³ /год		пп		на млн. м ³ /год	
1.	Инфильтрация атмосферных осадков	0,6	4,8	I.	Боковой отток	0,13	1,0
2.	Боковой приток	0,03	0,2	2.	Отток в низележащий водоносный горизонт	10,3	84,7
3.	Утечки из водосодержащих коммуникаций и потеря от поливных вод	12,0	96,0	3.	Транспирация	1,4	11,0
				4.	Увеличение статических запасов	0,8	6,3
Сумма:		12,6	100,0	Сумма:		12,6	100,0

Кроме того проектным институтом "Укргипрокоммунстрой" был подсчитан баланс грунтовых вод для целей водопонижения уровня грунтовых вод в районе Дго-Западного массива (площадь территории 500 га) в 1974 году с использованием имеющихся (I) расчетных параметров (Табл. 3).

Таблица 3

Составляющие баланса

Положительные				Отрицательные			
№	Наименование	Величина	%	№	Наименование	Величина	%
пп		на млн. м ³ /год		пп		на млн. м ³ /год	
I	2	3	4	5	6	7	8
I.	Инфильтрация атмосферных осадков	0,45	6,04	I.	Боковой отток	0,001	0,014
				2.	Отток в низележащий водо-		

I : n : 3 : 4 : 6 : 6 : 7 : 8							
3. Инфильтрация поливных вод	1,3	17,67	носный гори- зонт	6,93	93,64		
4. Утечки из во- допроводящих коммуникаций	5,65	76,35	3. Транспирация	0,37	5,0		
			4. Увеличение статических запасов	0,1	1,35		
Сумма:	7,4	100,0	Сумма:	7,4	100,0		

Таким образом, по приведенным выше результатам балансовых расчетов, основными слагающими величины суммарной инфильтрации являются инфильтрация осадков на незастроенных участках и инфильтрация за счет утечек из водопроводящих коммуникаций.

Основной величиной отрицательной составляющей баланса является отток в нижележащий понтический водоносный горизонт. Остальные статьи расхода настолько несопоставимы с величиной перетока в понтический водоносный горизонт, что практически не оказывают существенного воздействия на баланс грунтовых вод.

2. МЕТОДИКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМАТИЗАЦИИ

Основной задачей гидрогеологической схематизации(3) является расщепление гидрогеологического разреза на водоносные и слабопроницаемые слои, установление условий питания и разгрузки водоносных горизонтов. Анализ материалов о геологических и гидрогеологических условиях Центрального района показывает следующее.

1. Основным источником подтопления водонесущих коммуникаций являются грунтовые воды четвертичного водоносного горизонта, образовавшегося, в основном, после строительства водопровода и канализации.

2. Водоносными являются хорошо стабилизованные лессовидные отложения. Проницаемость отдельных слоев внутри описанной толщи может отличаться по различным авторам (4) в несколько раз.

3. Водоносный горизонт залегает на слабопроницаемом слое красно-бурых глин. Ниже по разрезу залегают известняки pontического яруса, которые обводнены только в нижней части. Между подошвой красно-бурых глин и уровнем pontического водоносного горизонта залегает толща необводненных известняков. Таким образом, четвертичный водоносный горизонт является, по сути, постоянно существующей верховодкой.

4. Питание водоносного горизонта осуществляется, в основном, вследствие потерь из водонесущих коммуникаций. Разгрузка происходит оттоком в сторону балки Водяная и морского уступа и перетеканием через красно-бурые глины в pontический водоносный горизонт. Вследствие хорошей проницаемости pontических известняков они обладают прекрасной дренированностью. Поэтому, увеличение перетока через красно-бурые глины подъема уровня в pontическом водоносном горизонте не вызывает.

5. Наряду с увеличением разгрузки четвертичного водоносного горизонта идет подъем его уровня, что приводит к подтоплению городской территории.

На основании этих выводов, для прогноза подтопления территории Центрального района детальному рассмотрению подлежит только гидрогеологическое строение лессовой толщи и красно-бурых глин; при этом должна быть изучена и схематизирована слоистость рассматриваемых отложений.

Ниже описывается методика решения этих задач и полученные результаты для Центрального района.

2.2. Янтарно-фациальная характеристика лессовых пород юго-запада Украины

По генезису лессовые породы юго-запада Украины являются преимущественно золово-делювиальными. Для лессовидных пород, по сравнению с другими типами осадочных пород континентального генезиса, характерна весьма слабая пространственная изменчивость, что важно для дальнейших инженерных построений.

Слабая пространственная изменчивость по площади связана с особенностями генезиса лессов: эти породы отлагались в резуль-

тате ветровой эрозии одновременно на больших площадях, образуя крупные, однородные по площади покровы. Нарушения однородности обусловлены изменениями направлений ветровых потоков, а также перераспределением энергии потока внутри него. Этим объясняются вариации мощности лессовых отложений одного возраста, а также изменение граностава.

Кроме того можно еще выделить ряд особенностей лессовых отложений (4):

- увеличение мощностей лессовых отложений и мощностей погребенных почв от водоразделов к долинам и связанное с этим увеличение погоризонтных значений коэффициентов фильтрации вследствие фациального замещения тяжелых разностей суглинков на более легкие,
- схематическое повторение лессовыми покровами крупных форм рельефа: в пределах террас и водораздельных площадей они имеют субгоризонтальное залегание, а на склонах долин - наклонное,
- широкое площадное развитие отдельных горизонтов.

Совокупность описанных выше особенностей залегания лессовых толщ определяется существованием в антропогене устойчивой палеогеографической обстановки и однородностью поступающего на громадные площади пылеватого глинистого материала.

В результате научных обобщений исследовательских работ регионального масштаба - под орошение и строительство (4) была признана инженерно-геологическая самостоятельность горизонтов лесовой толщи, так как массовое опробование лессовых толщ и применение вероятностно-статистических методов позволило установить инженерно-геологическую однородность стратиграфического горизонта лессовых толщ. Это дает возможность усреднить значения параметров лессовых отложений и применять аналоги.

2.2. Методика гидрогеологической схематизации

Для проведения расчета подъема уровня грунтовых вод выделены, за территории Центрального района, подрайоны, отличающиеся условиями фильтрации и формирования четвертичного водоносного горизонта.

Построен ряд геолого-гидрогеологических разрезов и схем:

- мощности лессовидных суглинков (Рис. 1);
- кровли верхнеплиоценовых красно-бурых глин (Рис. 2);
- мощности верхнеплиоценовых красно-бурых глин (Рис. 3).

Для построения схем были использованы данные, полученные в результате бурения 89 скважин, пробуренных различными организациями при проектировании под гражданское, жилищное и коммунальное строительство.

Схема мощности лессовых отложений. Лессовые отложения представлены на территории Центрального района в пределах водораздельного плато - в центральной, южной, юго-восточной и восточных частях района. Максимальные мощности вскрыты скважинами г1/3018 в восточной части - 24,2 м и г1 в юго-восточной части - 25,1 м. К северо-западу мощность уменьшается и на склонах балки Водяной лессовидные суглинки выклиниваются. Минимальная мощность вскрыта скважиной г 80ц - 1,0 м. Площадь распространения лессовидных суглинков на севере ограничивается линией денудационного уступа. Минимальная мощность лессов здесь вскрыта скважиной г 40 - 3,7 м. К восточной границе района мощность лессовидных суглинков сокращается до 16,5-16,8 м (вскрыта скважинами г 2/4207 и г 2/2390), а за пределами района снова возрастает.

Схема кровли верхнеплиоценовых красно-бурых глин. Площадь распространения верхнеплиоценовых красно-бурых глин, так же как и лессовидных суглинков, ограничивается на северо-западе склонами балки Водяной, а на севере - Серебряным денудационным уступом. Отметки кровли колеблются от 27,9 м до 33,9 м. В пределах плато кровля красно-бурых глин образует три купола:

1 - в северной части - с отметками 33,07-33,3 м, вскрытыми скважинами г 40, г 4I, г 23;

2 - в северо-западной части - с отметками 32,25-32,87 м, вскрытыми скважинами г 4, г 5;

3 - в центральной части - с отметками 32,8-33,9 м, вскрытыми скважинами г 18, г I/1642, г 5988.

Понижения между куполами имеют преобладающие отметки 29-30 м. Кровля красно-бурых глин не имеет уклона к балке Водяной, так как она образована позже образования верхнеплиоценовых красно-бурых глин.

Схема мощности верхне-плиоценовых красно-бурых глин. Мощность красно-бурых глин в основном колеблется от 1,5 м до 3,6 м,

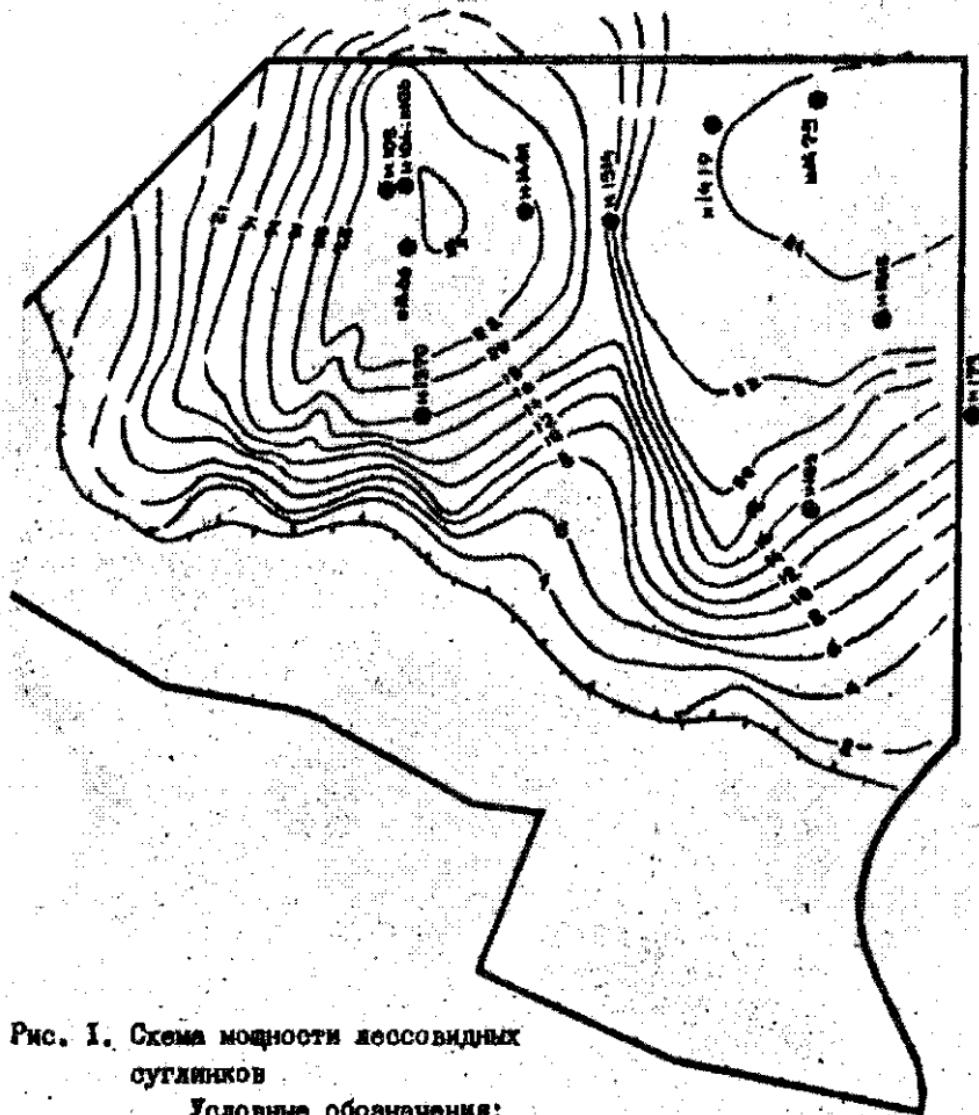


Рис. I. Схема мощности лессовидных суглиников

Условные обозначения:

- N104 - наблюдательная скважина режимной сети и ее номер
- — — — — административная граница Центрального района
- — — — — граница распространения лессовидных суглиников
- — — — — изопахиты и их значение
- — — — — предполагаемое положение изопахит

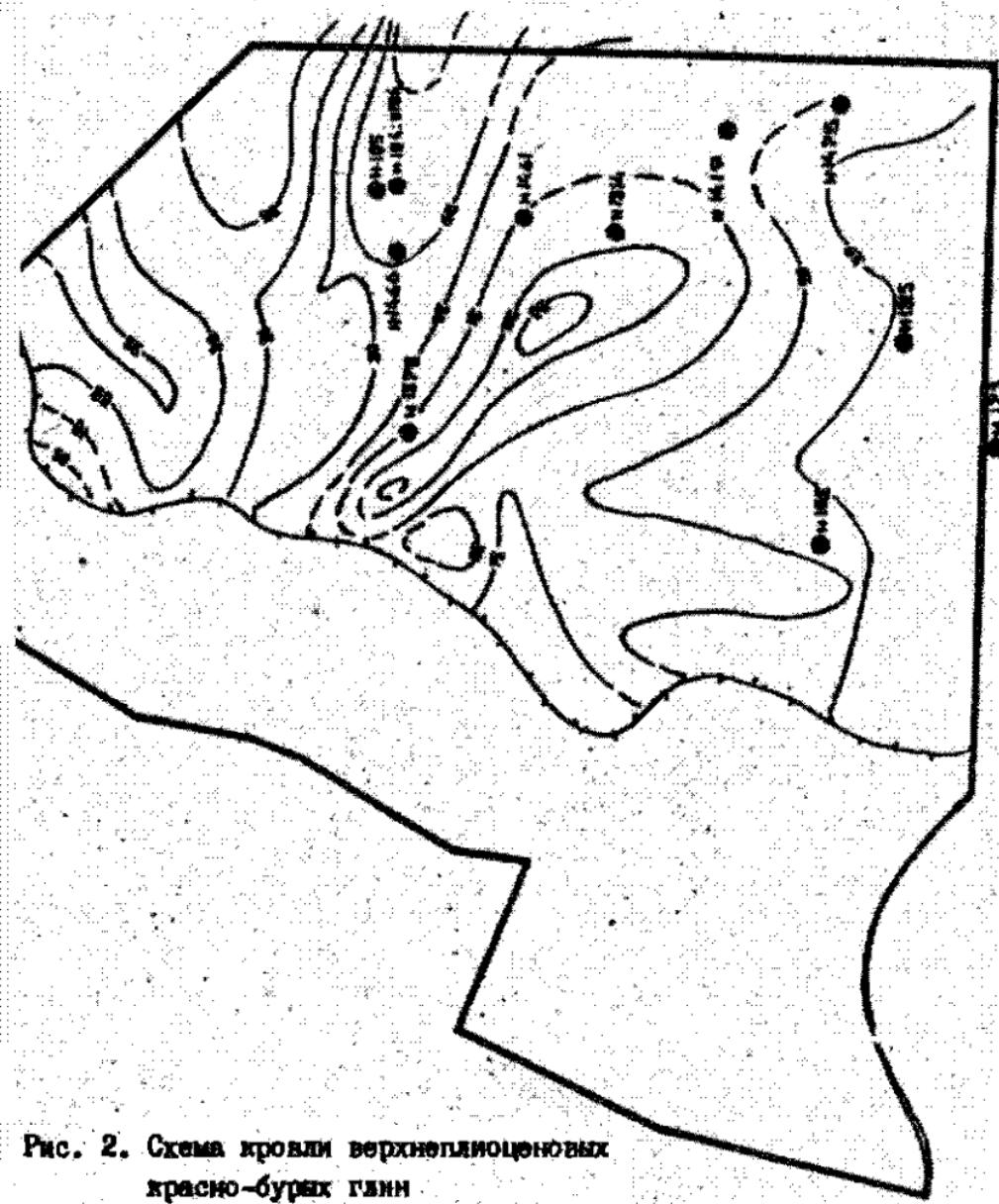


Рис. 2. Схема кровли верхнеплиоценовых красно-бурых глин.

Условные обозначения:

- M104 - наблюдательная скважина региональной сети и ее номер
- ===== - административная граница Центрального района
- - граница распространения верхнеплиоценовых красно-бурых глин
- - изолинии кровли красно-бурых глин и их значение
- - предполагаемое положение изолинии



Рис. 3. Схема мощности верхнепалеозойских красно-бурых глин

Условные обозначения:

- H 104** — наблюдательная скважина режимной сети и ее номер
- — — — — административная граница Центрального района
- — — — — граница распространения верхнепалеозойских красно-бурых глин
- — — — — изопахиты и их значение
- — — — — предполагаемое положение изопахит

с максимальными значениями 6,8-6,9 м и минимальными - 0,7-0,8 м. Увеличение мощности происходит в центральной части, образуя два "кармана": один - вскрыт скважинами г I8 - 6,9 м и г I365 - 6,8 м, второй - вскрыт скважиной г I/1642 - 6,6 м. Минимальная мощность вскрыта скважинами: г I5 - 0,8 м - на северо-востоке района и г I3 - 0,7 м - западной части водораздельного плато.

По геоморфологическим признакам и по условиям перетока четвертичного водоносного горизонта в понтический водоносный горизонт, на территории Центрального района выделены также наиболее крупные элементы - балка Водяная в западной и северо-западной частях района и водораздельное плато в центральной, южной и северо-восточной частях района. Территория, где горизонт красно-бурых глин отсутствовал, выделяется в отдельный подрайон - балка Водяная и прибрежная морская терраса.

По различиям строения лессовой толщи, площадь развития лессовых отложений разбита на подрайоны. Разделение проведено на основании данных, полученных по 26 опорным скважинам, с использованием следующих критериев:

Территории относятся к разным подрайонам, в случае если -

1. Мощность одного и того же лессового горизонта, принимавшего участие в строении лессовой толщи этих территорий, различна в два раза.

2. Строение лессовой толщи для этих территорий различается наличием (отсутствием) хотя бы одного лессового горизонта.

Для каждого подрайона выстроены схемы строения лессовой толщи по осредненным мощностям лессовых горизонтов (Рис. 4).

Выделены: (Рис. 5)

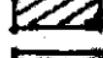
Подрайон I - расположен в северо-восточной части Центрального района. Относительно легкая проницаемая толща дофиновско-причерноморских лессов (мощность 2,7 м) лежит на слабо проницаемых витачевских и заведовско-мартоношских погребенных почвах (мощность 3,1 м), подстилаемых верхнеплиоценовыми красно-бурыми глинами ($N_2^{3\text{ кр-6}}$) (Мощность 5,15 м).

Подрайон II - расположен в северной части Центрального района. Легкопроницаемые слои отсутствуют. Кайдакско-витачевские (мощность 2,45 м) и мартоношско-заватовские (мощность 3,25 м) погребенные почвы залегают на верхнеплиоценовых красно-бурых глинах (мощность 4,6 м).

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	Мощность, м
I	X
dp - пд	21-29 3,6
1.6 Нев. 1 1вз.	21-34 2,7
vt - кд	20-23 0,2
2v - пп	26-36 3,4
Н. 3 вл-кд	12-23 0,2
II	X
vt - кд	23-33 3,8
2v - пп	10-35 0,3
N sh - кр	26-41 2,6
III	X
1вз.	15-21 3,6
vt - кд	18-23 1,9
2v - пп	24-38 3,6
Н. 3 вл-кд	23-33 1,4

Рис. 4. Схемы строения лессовой толщи по подрайонам на территории Центрального района

Условные обозначения:

-  - лессовидные суглинки средние
-  - лессы
-  - суглинки тяжелые - ископаемые почвы
-  - верхнеплиоценовые красно-бурые глины
-  - глубина залегания уровня грунтовых вод (средняя)

IV₅IV₈

V

VI₄

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	Мощность min - max X
df - pc	1,3-2,8 2,4
bg	3,0-3,0 4,5
H ₂ -2,2	
vt - kd	4,0-6,0 5,0
dn	1,0-1,5 1,2
ZV - mn	5,0-9,1 6,6
N ₂ sh-kp	6,0-6,8 6,2

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	Мощность min - max X
df - pc	1,3-3,0 3,4
vt - kd	1,7-3,4 3,4
dn	1,5-2,9 2,9
ZV - mn	5,0-8,0 7,3
N ₂ sh-kp	2,4-3,6 3,0

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	Мощность min - max X
df - pc	2,4-5,5 3,9
vt - kd	1,7-3,3 2,0
dn	1,3-3,2 2,3
ZV - mn	5,0-8,0 7,3
N ₂ sh-kp	2,4-3,6 3,0

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	Мощность min - max X
df - pc	1,3-2,5 1,8
bg	3,2-5,1 4,2
dn	1,3-2,1 2,2
ZV - mn	7,1-10,1 8,6
N ₂ sh-kp	3,5-6,1 4,5

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	Мощность min - max X
ZV - mn	1,0-5,0 4,06
N ₂ sh-kp	1,1-2,0 1,56

Продолжение Рис. 4. Схемы строения лессовой толщи по подрайонам на территории Центрального района.

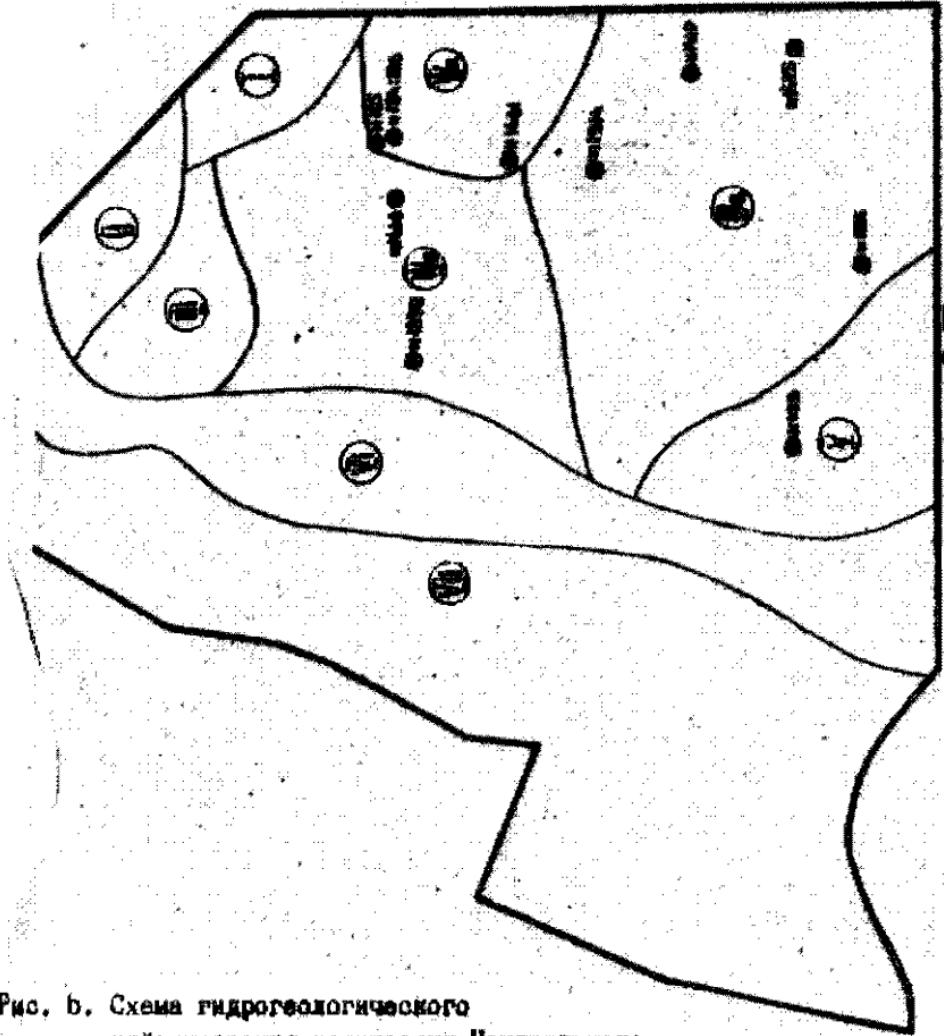


Рис. б. Схема гидрогеологического районирования территории Центрального района

Условные обозначения:

- Н 104 - наблюдательная скважина режимной сети и ее номер
- — — — — административная граница Центрального района
- — — — — границы гидрогеологических районов и участков
- (1) — номер гидрогеологического района

Подрайон III - расположен в северной части района, выше П-го подрайона.

Легкопроницаемый бугский лесс (мощность 3,0 м) залегает на слабопроницаемых лессовидных суглинках витачевских и завадовско-мартоношских погребенных почв (мощность 6,8 м). Мощность подстилающих красно-бурых глин 2,36 м.

Подрайон IV - расположен в центральной, южной и юго-восточных частях Центрального района.

Сверху залегает толща дофимовско-причерноморских лессовидных суглинков (мощность 3,48 м) и бугских лессов (мощность 3,95 м), далее кайдакско-витачевский горизонт лессовидных суглинков (мощность 3,4 м), затем днепровский лессовый горизонт (мощность 1,93 м), подстилаемый мартоношско-завадовскими суглинками (мощность 3,28 м) и красно-бурыми глинами (мощность 1,5 м).

Подрайон V - занимает юго-западную часть водораздельного плато Центрального района.

Бугский горизонт отсутствует, а дофимовско-причерноморские лессовидные суглинки (мощность 3,9 м) залегают непосредственно на кайдакско-витачевских суглинках (мощность 1,97 м) погребенных почв, нижеложен днепровский (мощность 2,3 м) лесс, мартоношско-завадовский (мощность 7,3 м) горизонт погребенных почв, подстилаемый горизонтом красно-бурых глин мощностью 3,0 м.

Подрайон VI - расположен на восточном борту балки Водяной.

Мартоношско-завадовский горизонт (мощность 4,06 м) лессовидных суглинков залегает на горизонте верхнеплиоценовых красно-бурых глин (мощность 1,58 м).

Подрайон VII - расположен в южной и северо-западной части Центрального района (территория Водяной балки). Горизонт красно-бурых глин отсутствует, что обеспечивает прямой переток вод четвертичного водоносного горизонта в понтический водоносный горизонт. Понтические известники в этом подрайоне прикрыты либо лессовидными суглинками (мощность до 1,5 м), либо насичным слоем (мощность до 2,0 м), либо обоями слоями, причем, их суммарная мощность не превышает 3 м.

Анализ полученных данных показывает, что подтопление территории в будущем возможно только на территории водораздельного плато. Слоны балок образованы выходами проницаемых понтических известняков и подтопление здесь невозможно. Днище балки Водяной

и прибрежная морская терраса подтоплена давно и понижение уровня грунтовых вод без дренажа невозможно.

2.3. Режим и баланс четвертичного водоносного горизонта на территории Центрального района

Режимная сеть Центрального района насчитывает десять скважин. Дольше всего (с 1970 г.) ведутся наблюдения на скважине № 1315. Остальные скважины были пробурены, в основном, в 1973 г. Анализ режимных графиков (Рис. 6, 7, 8) показывает, что уровень грунтовых вод подвержен как сезонным, так и многолетним изменениям. Некоторые характеристики режима уровня грунтовых вод приведены в таблице 4. Анализ режимных графиков по отдельным скважинам показывает сложный, пестрый характер динамики поверхности уровня грунтовых вод. Только скважины № 173, № 183, расположенные в южной части Центрального района фиксируют стационарный в многолетнем разрезе, осложненный сезонными колебаниями с амплитудой 0,7-1,0 м, режим. Остальные скважины фиксируют многолетние периоды подъема или спада уровня.

Анализ характеристик максимального приращения уровня в таблице 4 показывает, что этот период длился, в среднем 5-6 лет. За это время уровень поднялся на 3-6 м.

Самый интенсивный подъем уровня зафиксирован в скважине № 1466. Он начался в 1972 г., длился 6 лет. За это время уровень поднялся на 6 м. Самый большой скачок уровня наблюдался в скважине № 1370, где за один год, с середини 1974 года по середину 1975 года уровень поднялся на 4 м.

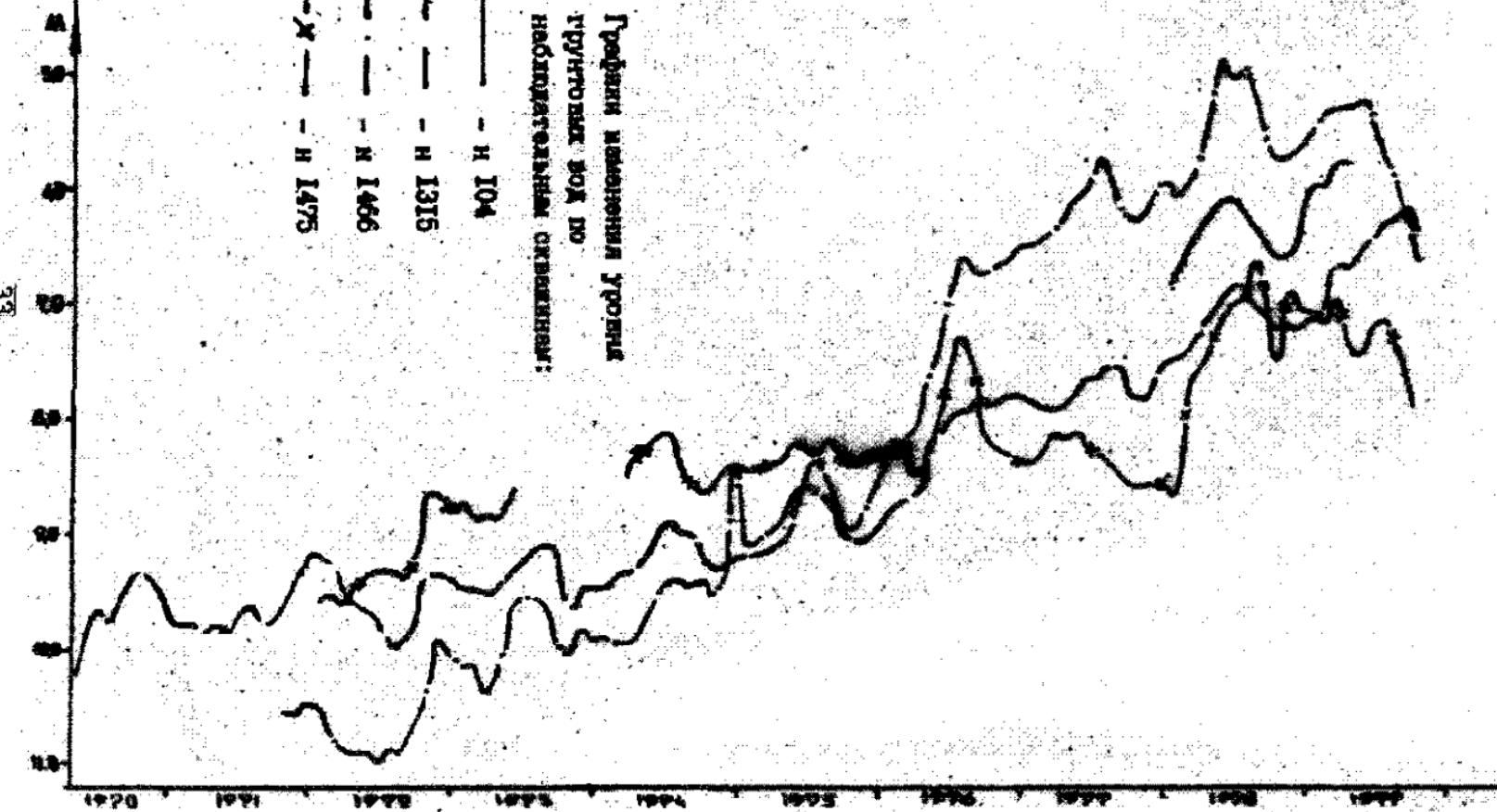
для скважин №№ 1370, 1466, 1315, 1476, 104 период подъема непосредственно сменяется периодом спада уровня. В табл. 4 колебаний уровня грунтовых вод сгруппированы по сходству режима. Выделены следующие группы:

1. Скважины №№ 1460, 1315, 1475, 104 (подъем до 1979 года, затухающий спад до 1986 г., затем подъем до настоящего времени).

2. Скважины №№ 1314, 1461 (подъем до 1977 г., стабилизация до 1982 г., спад до 1986 г., затем подъем до настоящего времени).

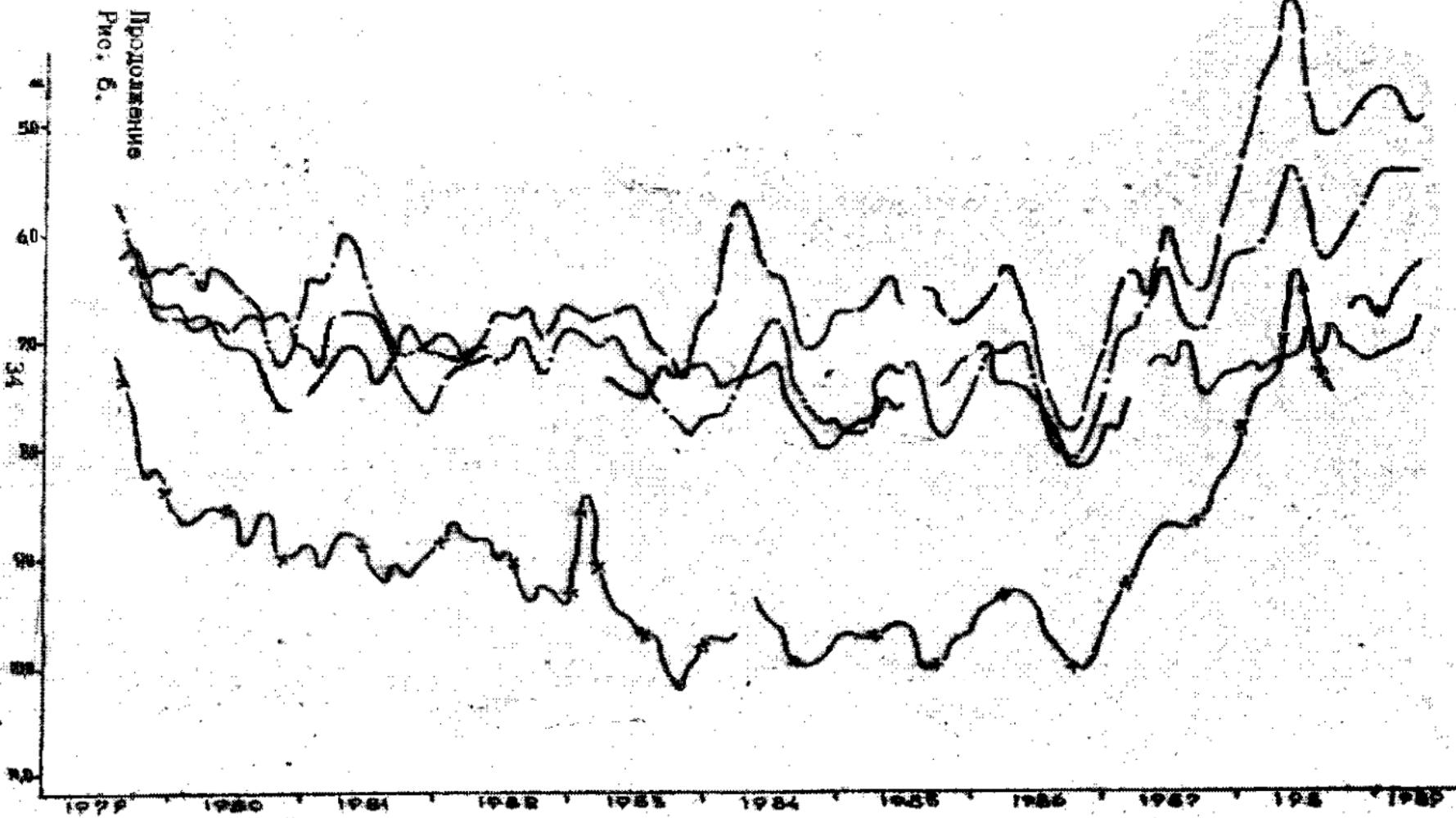
3. Скважины №№ 173, 183 (стационарный в многолетнем плане режим с 1983 г. по настоящее время).

Рис. 6. Графики изменения уровня
грунтовых вод по
наблюдательным скважинам:



Продолжение

Продолжение
Рис. 6.



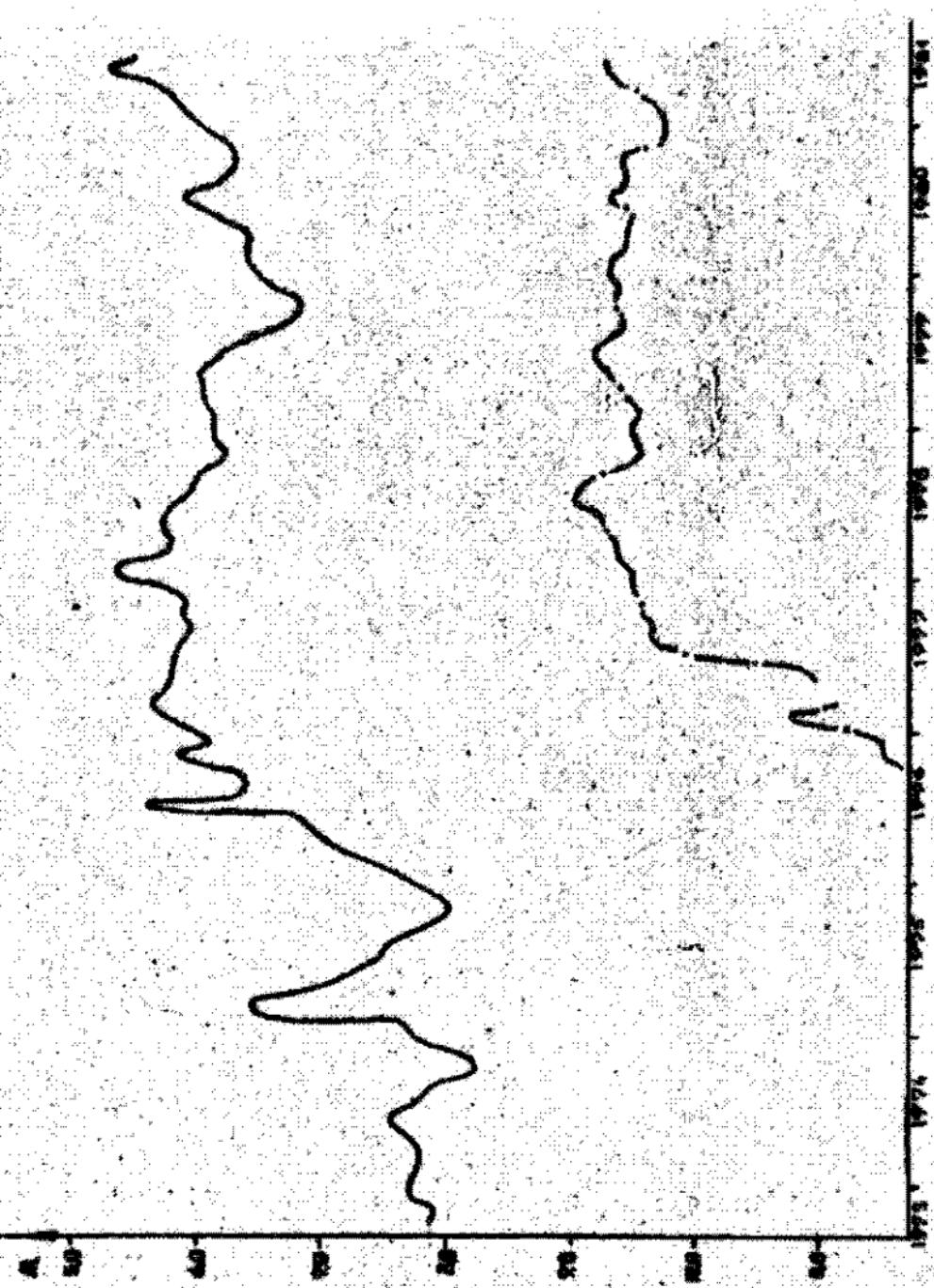
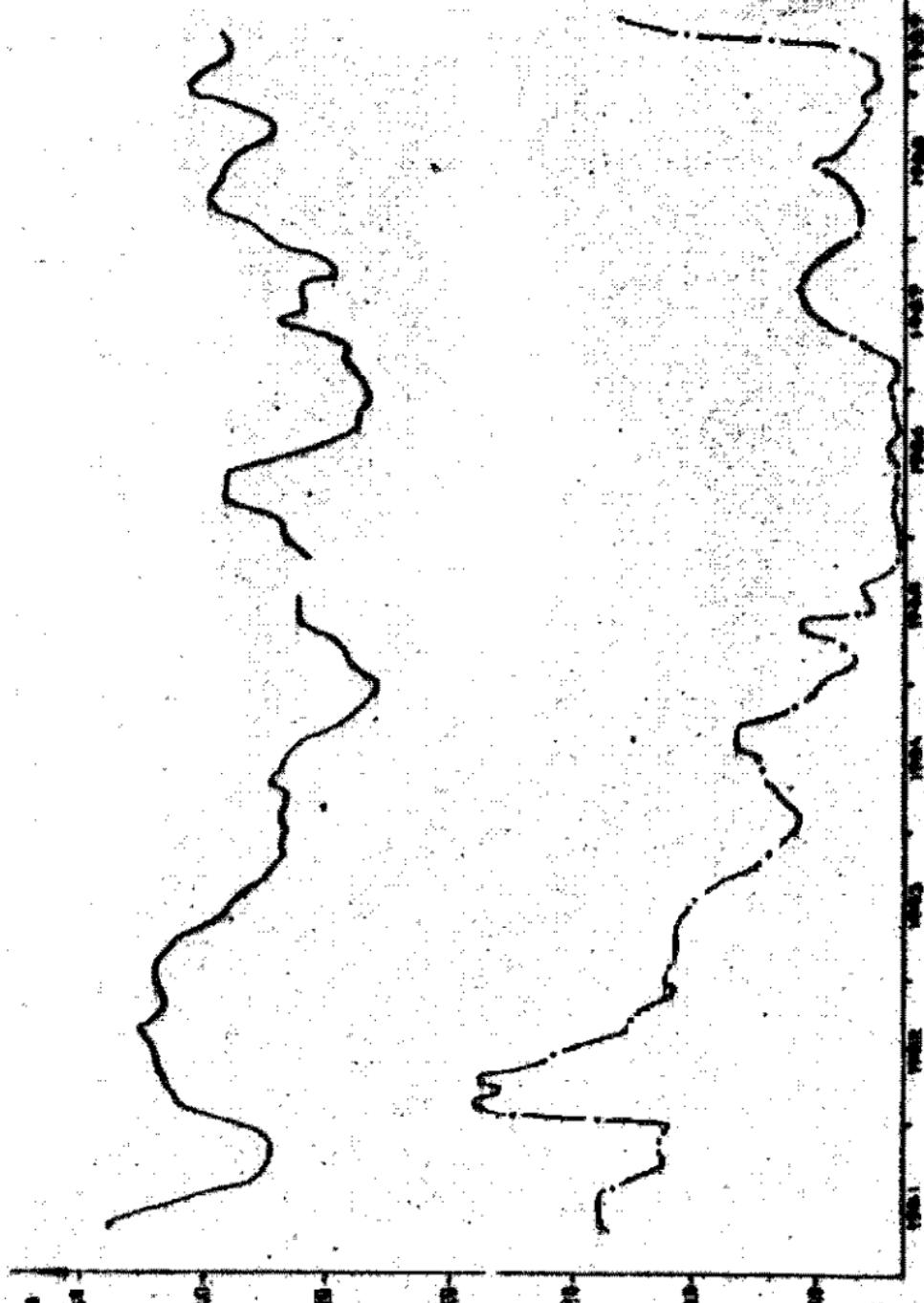


Рис. 7. Графики изменения уровня грунтовых вод по наблюдательным скважинам:

— и I314
— и I461



Продолжение Рис. 7. Графики изменения уровня грунтовых
вод по наблюдательным скважинам

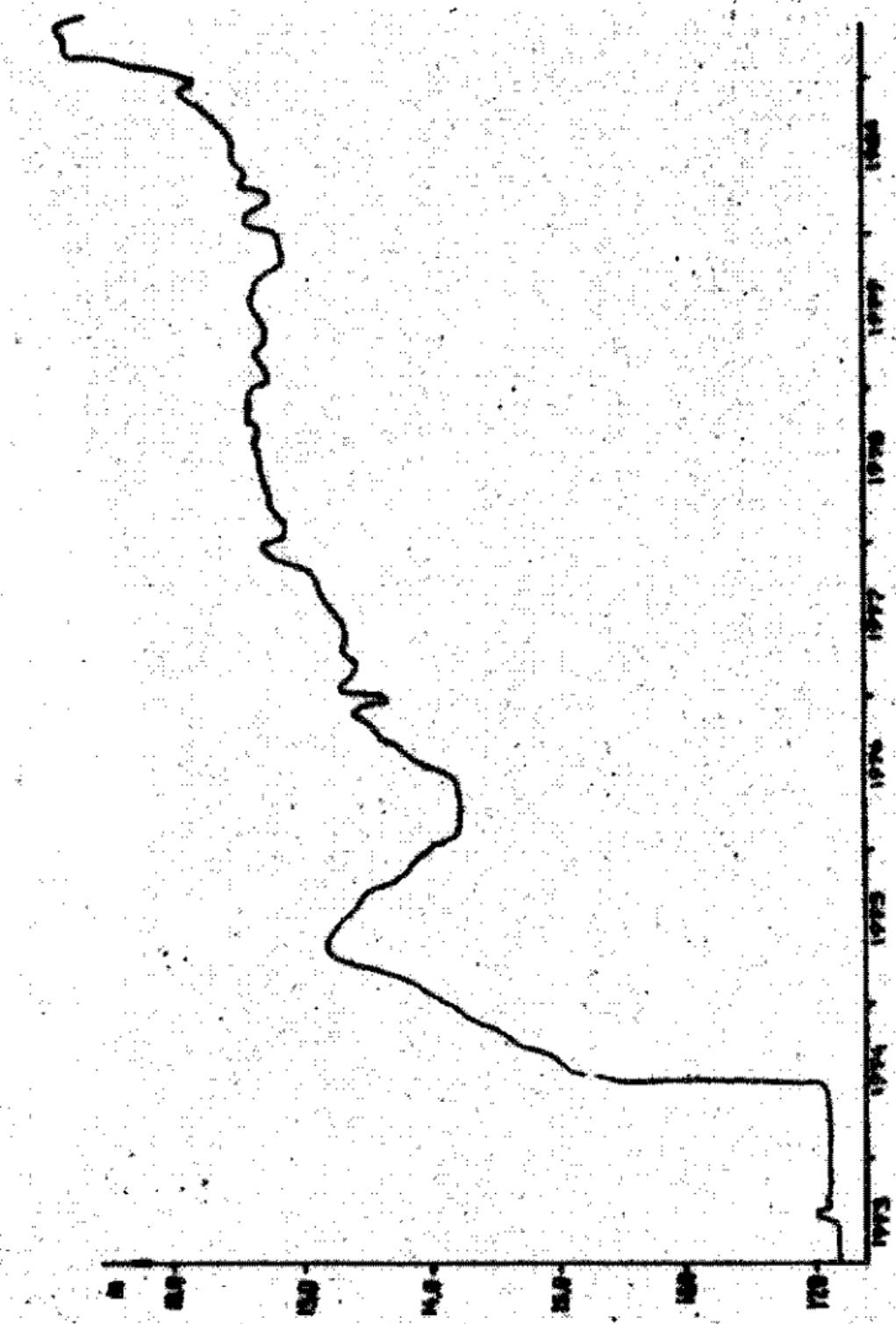
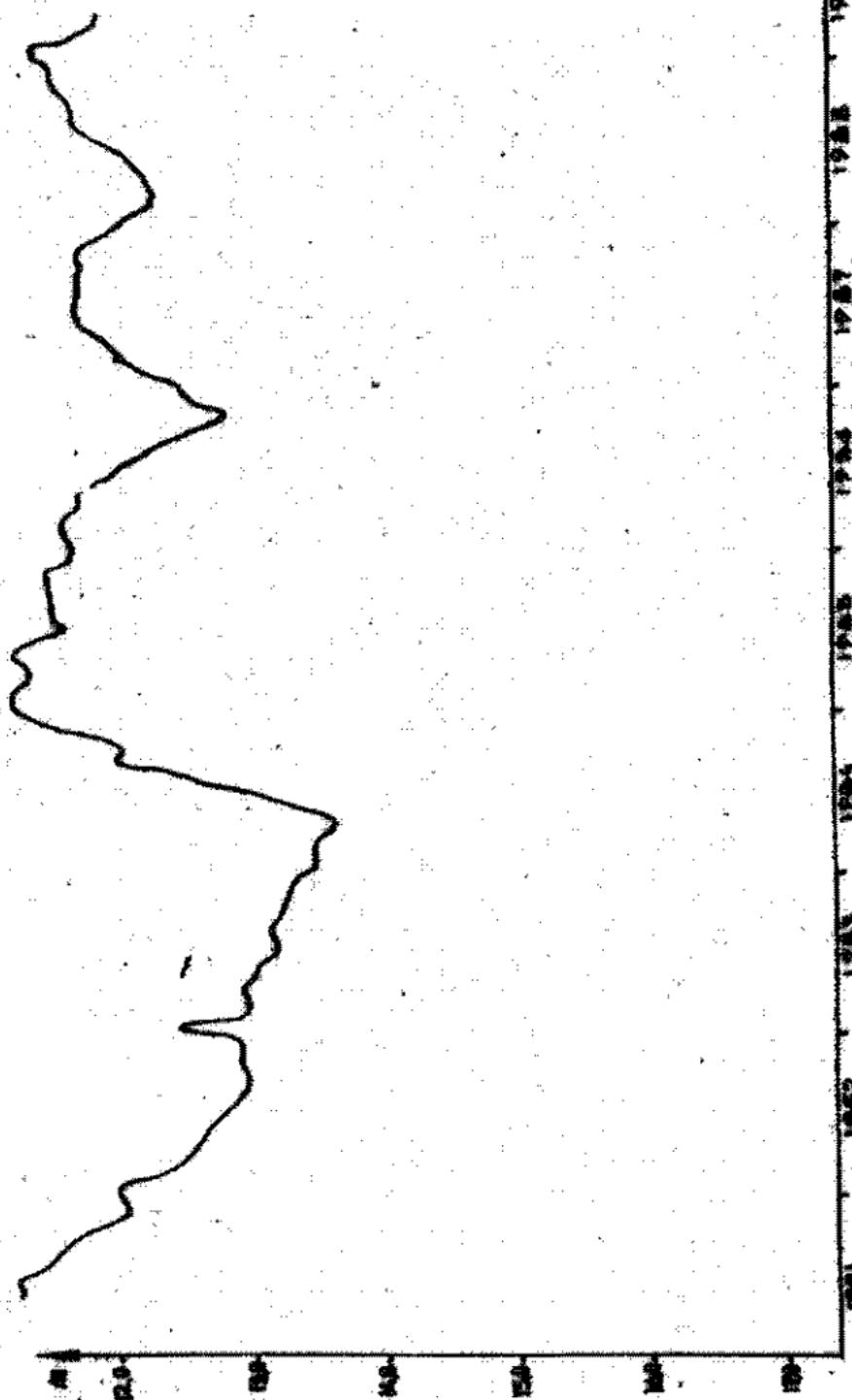


Рис. 8. График изменения уровня грунтовых вод в наблюдательной скважине № 1370



Продолжение Рис. 8. График изменения уровня грунтовых вод в наблюдательной скважине № к 1370.

Таблица 4

Обобщенные результаты режимных наблюдений за изменением положения уровня четвертичного водоносного горизонта по наблюдательным скважинам ОГУ на территории Центрального района

№ скв.	Дата нача- ла замеров	Максимальное приращение уровня			Продолжитель- ность	Дата нача- ла: мес. год	Дата оконч. мес., год	Сезоны наблюдений	Интервал се- зональных коле- баний	Положение уровня от поверх- ности (м)
		Амплитуды	Наивы- шая точ- ка поди- ума (от поверх- ности м)	Наивы- шая точ- ка поди- ума (от поверх- ности м)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
н I314	25.07.1973	2,74	5,31	5 лет 8 мес.	10.1975 04.1981	I,05	I,2 - I,8	6,36	54,55	
н I370	05.05.1973	5,74	II,49	13 лет 8 мес.	06.1974 04.1981	I,09	-	12,04	50,00	
н I73	15.03.1983	-	4,63	-	-	0,74	0,59 - I,05	4,71	47,80	
н I83	05.II.1983	-	4,8	-	-	I,06	0,69 - I,70	5,23	49,82	
н I419	05.01.1973	2,8	6,53	2 года 2 мес.	10.1985 по н.в.	I,08	0,7 - I,33	6,78	52,61	
н I04	05.01.1978	-	5,82	-	-	1,07	0,9 - I,15	6,90	52,98	

	I	:	2	:	3	:	4	:	5	:	6
н I451	25.09.1976		3,42		8,23				6 лет 5 мес.		
н I475	05.01.1972		3,67		6,46				1 год 9 мес.		
н I315	15.01.1970		6,47		4,0				19 лет 5 мес.		
н I466	05.10.1971		6,11		4,84				6 лет		

Продолжение табл. 4

	6	7	8	9
<u>09.1975</u>	<u>0,67</u>	<u>0,4 - 1,6</u>	<u>9,46</u>	
<u>01.1982</u>				<u>55,34</u>
<u>10.1986</u>	<u>0,78</u>	<u>0,38 - 1,78</u>	<u>6,42</u>	
<u>06.1988</u>				<u>52,87</u>
<u>08.1972</u>	<u>0,88</u>	<u>0,32- 2,60</u>	<u>5,10</u>	
но н.в.				<u>52,87</u>
<u>06.1972</u>	<u>0,85</u>	<u>0,38- 1,78</u>	<u>5,55</u>	
<u>05.1978</u>				<u>54,21</u>

4. Скважина № 1370 (скачок с 06.1974 г. по 06.1975 г. подъем до 1981 г., спад до середины 1984 г., затем стабилизация уровня; в последний период режим совпадает со скважинами №№ 173 и 183).

5. Скважина № 1419 (медленный спад до 1984 г., затем подъем по настоящее время).

Анализ расположения скважин показывает, что скважины одной группы расположены почти бессистемно в разных частях территории. Так для группы I скважины 1315 и 1475 расположены в юго-восточном углу, а скважины 1466 и 104 – северо-восточном.

Более информативен анализ схемы гидроизогипс грунтового четвертичного водоносного горизонта (Рис. 9). Здесь скважины № 1466, 104, 1315, 1475 лежат либо в центре, либо на склоне двух куполов грунтовых вод, растущих в центральной и юго-восточной частях района, скважины №№ 1314 и 1461, по которым тоже фиксируется в последнее время подъем, лежат в ложбине между двумя куполами. Скважины №№ 1370, 173, 113, по которым в последние годы наблюдается стационарный в многолетнем плане режим, расположены на периферии куполов грунтовых вод, вблизи области выклинивания лесовых отложений. Анализ режимных данных и схемы гидроизогипс позволяет сделать некоторые выводы.

1. Реальный вид режимных графиков (наличие скачков, подъемов) на фоне сезонных колебаний уровня говорит о непостоянстве во времени источников подтопления.

2. Наличие скачков (скв. 1370) говорит о том, что источники подтопления локализованы в пространстве, в частности, скв. 1370 находится вблизи водонесущей коммуникации, из которой в 1974–1975 гг. были крупные потери воды.

3. Наличие периодов спада уровня грунтовых вод говорит либо о том, что поверхность грунтовых вод осложнена локальными куполами, которые при прекращении утечки начинают растекаться, либо о том, что при уменьшении потерь идет снижение уровня за счет перетекания через водоупор красно-бурых глин, либо о существовании двух этих процессов одновременно.

4. Синхронность во времени подъемов и спадов режима разных скважин говорит об общих закономерностях в режиме водопотеря из водонесущих сетей. Наиболее важным явлением служит общий подъем уровня по всей территории, начиная с 1987 г. – 1986 г.

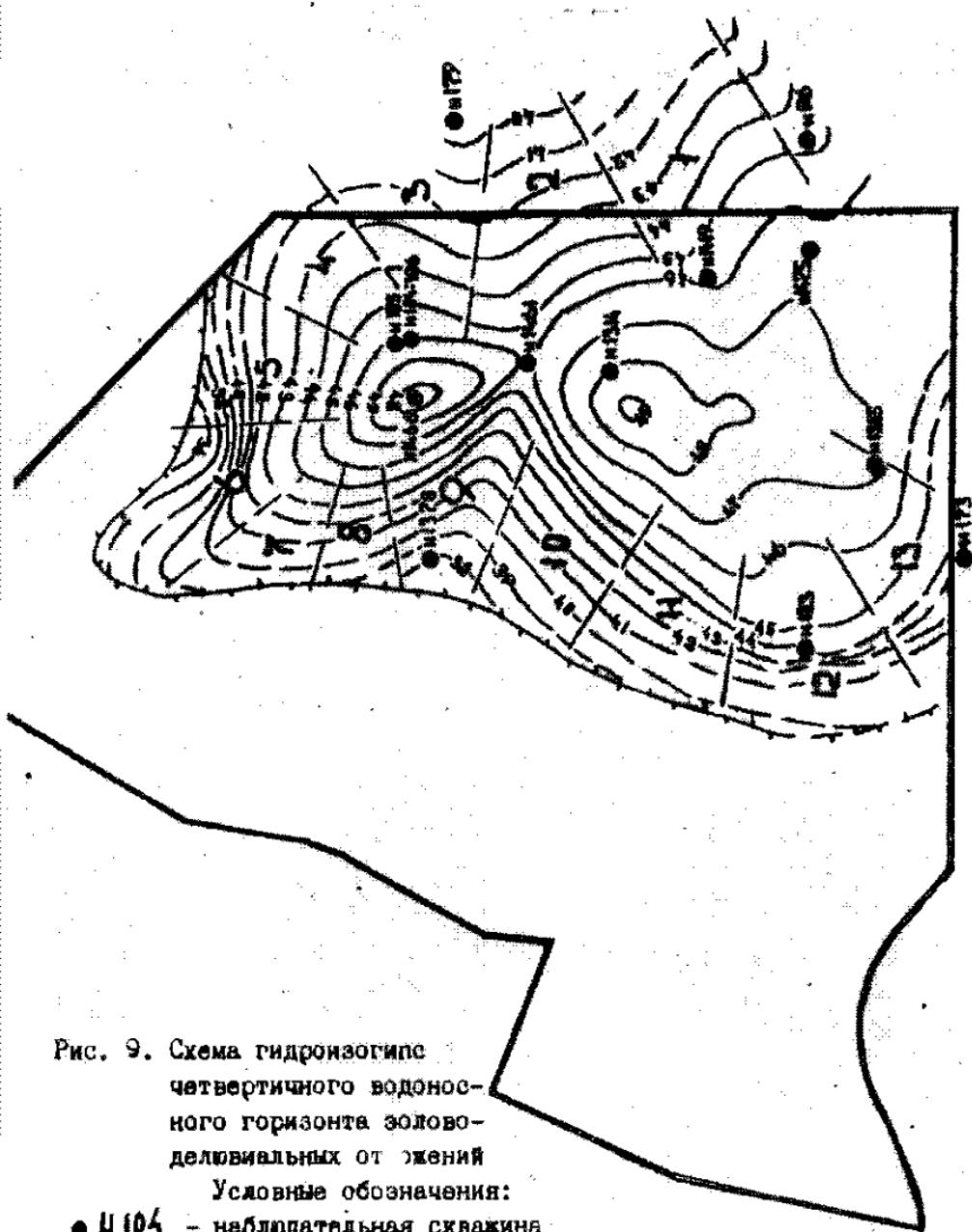


Рис. 9. Схема гидроизогипс

четвертичного водоносного горизонта золово-делювиальных отложений

Условные обозначения:

По данным ЛУБИХ за это время в районе не было зафиксировано ни одной аварии, не было их и в период с 1986 г. по настоящее время. Очевидно, в это время увеличились потери в стоках труб и мелких дефектах стенок (свищи, волосяные трещины), которые по данным эксплуатации Киевской водопроводной сети составляют до 90% всех источников потерь воды.

Общая структура баланса грунтовых вод для территории г. Одессы описана в п. I.4. Для схематизации процесса подтопления Центрального района, учитывая, что он с трех сторон окружен депрессиями (балка Водяная, береговая терраса, балка Каортинная), важно установить, насколько возрастает роль бокового оттока в эти депрессии по сравнению с основным источником разгрузки (перетеканием).

При кратном обзоре балансовых расчетов (п. I.4.) на территории г. Одессы было указано, что важнейшей приходной статьей баланса являются утечки из водонесущих коммуникаций, важнейшей расходной статьей баланса является переток в нижележащий понтический водоносный горизонт. Расчет инфильтрационного питания за счет утечек из водопровода был произведен исходя из нормативных потерь и из литературных данных (см. п. 3.6) и составляет $1,4 \cdot 10^{-3}$ м/сут. Площадь развития лессовидных пород на территории Центрального района составляет $2,36 \cdot 10^6 \text{ м}^2$. Общее питание составляет $3304+14160 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

Для расчета бокового стока была использована схема гидроизогипс четвертичного водоносного горизонта на территории плато (Рис. 10), построенная по всем наблюдательным скважинам; по 5 скважинам, пробуренным для уточнения границы распространения четвертичного водоносного горизонта на территории плато, и по 3 колодцем. Поверхность грунтовых вод лессового плато в пределах Центрального района была разбита на 13 лент тока. По схеме гидроизогипс мощность четвертичного водоносного горизонта для каждой ленты тока, а затем, используя приведенный коэффициент фильтрации для всей лессовой толщи $K_f = 0,6 \text{ м}/\text{сут}$ был подсчитан боковой сток (Табл. 5) по уравнению Дарси.

Получены следующие результаты:

- боковой сток в сторону Водяной балки составляет $287,1 \text{ м}^3/\text{сутки};$
- в сторону Каортинной балки - $104,5 \text{ м}^3/\text{сутки};$

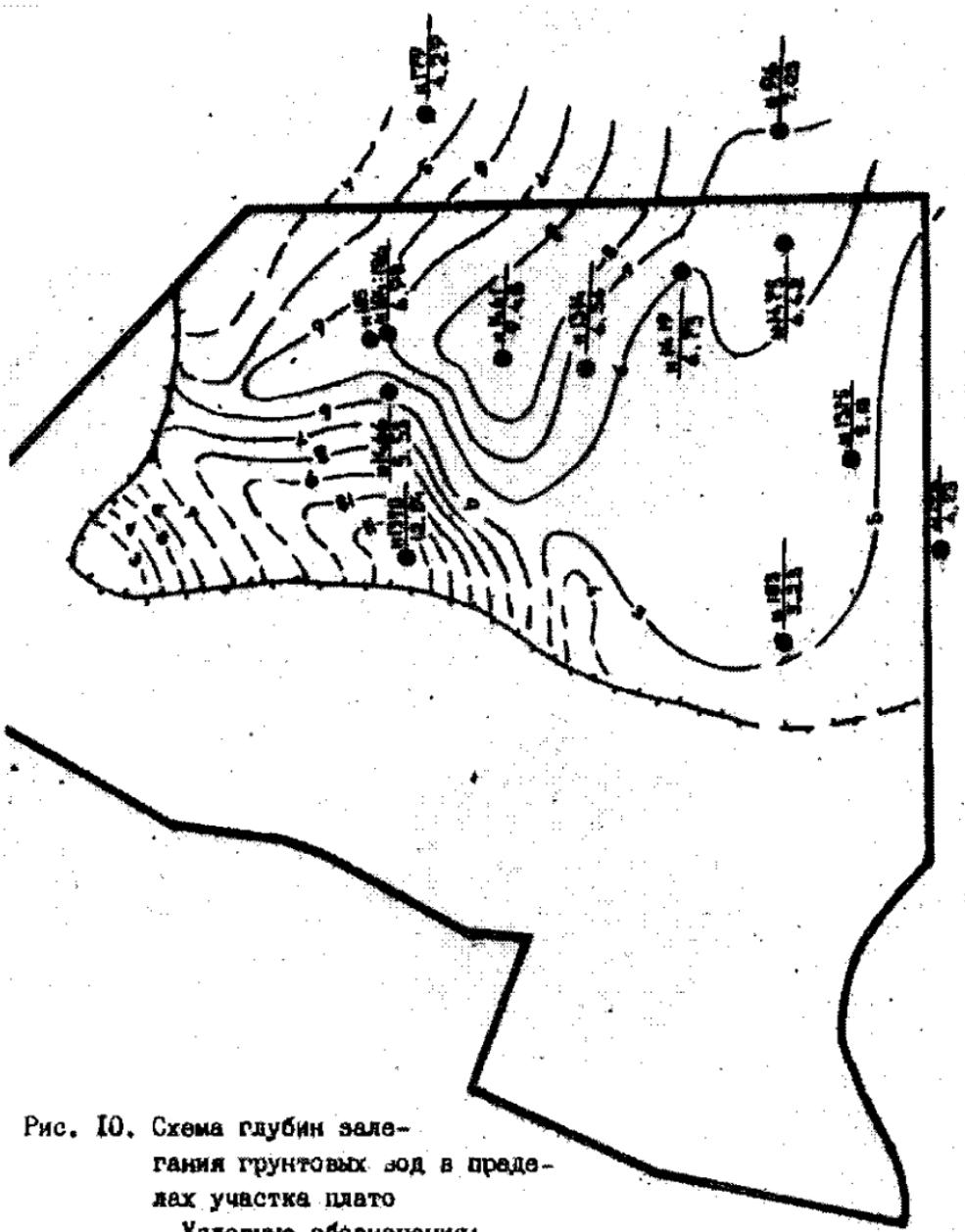


Рис. 10. Схема глубин залегания грунтовых вод в пределах участка плато

Условные обозначения:

- Н 104 - наблюдательная скважина
режимной сети и ее номер
- административная граница Центрального района
- граница распространения четвертичного водоносного горизонта золово-делювиальных отложений
- изолинии глубин залегания грунтовых вод и их значение

Таблица 5.

Значения величины бокового стока четвертичного водоносного горизонта на территории Центрального района по площади развития лессовидных отложений^{*}

№	Участок	Изменение раз- явл- тим- тона:	Длина грунтов- ых грунтов:	Гради- ент уровня воды участ- ном:	Мер- ка, м:	Ширина напора: мер- ка, м:	Мощ- ность лен- тальной участки: м:	Расход воды в объеме тока: м ³ /сут:	Доля в объеме бокового стока:
I	2	3	4	5	6	7	8	9	
I	Каран-	3	25,5	0,012	450	13,0	41,29		
2	тинная	3	250	0,012	350	12,0	30,24		
3	балка	2	175	0,011	370	13,0	32,98		
I					1170	104,51	104,51	21,92	
						27,37%			
4	Прибреж-	2	200	0,01	275	11,0	18,15		
5	но-мор-	3	200	0,015	320	10,0	28,8		
6	сиял тер- раса	3	140	0,021	330	9,0	38,19		
I					925		85,14	17,86	
						21,64%			
7	Водяная	4	245	0,016	205	10,0	20,08		
8	балка	4	180	0,022	190	11,0	27,87		
9		5	175	0,029	370	10,0	63,43		
10		6	280	0,021	350	10,0	43,45		
11		4	205	0,02	350	13,0	53,27		
12		2	270	0,007	365	15,0	40,56		
13		2	175	0,011	350	16,0	39,40		
III					2180		287,06	60,22	
						51%			
					4275		476,71	100	
						100%			

- Обобщенный коэффициент фильтрации для всей толщи лессовидных отложений $K_f = 0,6 \text{ м/сут.}$

- в сторону прибрежно-морской террасы - $85,1 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Общий боковой сток составляет $476,7 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Исходя из выше приведенных величин можно сделать вывод, что в сторону эрозионных врезов разгружается 3,4-14,4% общего инфильтрационного питания за счет утечек из водонесущих коммуникаций. Видно, что и для Центрального района перетекание через красно-бурые глины остается основным источником разгрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведено подробное описание геологических и инженерно-геологических условий территории г. Одессы в пределах развития водораздельного плато, охарактеризованы физико-геологические процессы и явления. Рассмотрены гидрогеологические условия группового водоносного горизонта в четвертичных лессовых отложениях, который является устойчивой антропогенной верховодной, образовавшейся на слабопроницаемом слое красно-бурых верхнеплиоценовых глин. Основным источником питания этого водоносного горизонта являются потери воды из водопровода, канализации и теплосети, основным источником разгрузки - перетекание через слой красно-бурых глин в хорошо проницаемые почвенные известняки, где существуют самостоятельный водоносный горизонт со свободной поверхностью, залегающей несколькими метрами ниже подошвы красно-бурых глин.

Гидрогеологическая схематизация территории заключается в построении ряда разрезов и специальных схем. В результате установлены контуры участков, где подтопление территории не ожидается, участков, где водопроводная сеть, другие коммуникации и подвалы уже подтоплены, а также участков, где подтопление вероятно. Для последних участков, занимающих территорию развития лессового плато, произведено расчленение на подрайоны, различающиеся конкретным строением лессовой толщи.

Анализ режима грунтовых вод по режимным скважинам противоползневого управления позволил выделить несколько типов графиков изменения уровней грунтовых вод. Общий для всех графиков является подъем грунтовых вод с начала 1987 года.

Для участка водораздельного плато в пределах Центрального района г. Одессы произведен балансовый расчет с целью оценки роли бокового оттока в разгрузке горизонта грунтовых вод. Установлено, что эта составляющая разгрузки не превышает 15% от общей ее величины. Этот вывод имеет большое значение для обоснования расчетной схемы прогноза подтопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестаков В.С. Динамика полезных вод. - М., 1973, - 32 с.
2. Валандин В.Г. Фильтрационная неоднородность лессового покрова западного Причерноморья и ее значение в геохимической эволюции грунтовых вод // Изв. геология. - 1982. - № 6 - С. 48-51.