

33

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

---

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*Т Р У Д Ы*

*ВЫПУСК 33*

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

ЛЕНИНГРАД  
1969

*Одобрено Ученым советом  
Ленинградского гидрометеорологического института*

#### АННОТАЦИЯ

В сборнике опубликованы результаты гидрогеологических исследований кафедры гидрогеологии и геологии Ленинградского гидрометеорологического института, проведенные в период с 1961 по 1967 г., в творческом содружестве с тематической комплексной экспедицией СЗТГУ.

В работе освещаются геологическое строение, геоморфологические особенности Вуоксинской и Кембрийской низин, Силурийского (ордовикского) и части Девонского плато и на широком фоне геолого-структурных и стратиграфических соотношений дается детальная характеристика отдельных водоносных горизонтов и водоносных комплексов: условия их залегания и распространения, особенности питания, циркуляции и разгрузки. На основе расчетных данных и опытных работ определена водообильность отдельных типов подземных вод и рекомендуются пути рационального их использования для улучшения водоснабжения городов Всеволожского, Приозерска, Можайского, поселков Сиверского, Вырицы, Любани, Карташевской, Мельниково, Сусанино, Лукашей, Больших Тайц, Кузнечного, Лесогорского, Ропши и ряда сельских населенных пунктов Больше-Тайцкого сельского совета депутатов трудящихся.

Работа рекомендуется для использования проектными организациями, специализированными конторами по водоснабжению, инженерами-гидрогеологами, разрабатывающими мероприятия по использованию подземных вод, и студентами, отрабатывающими учебную практику по гидрогеологии в Ленинградской области.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Водоснабжение городов и сельских населенных пунктов Ленинградской области складывалось стихийно, по мере их хозяйственного развития и роста населения. Более крупные из них, находящиеся в благоприятных гидрогеологических условиях (Пушкин, Павловск, Красное село, Гатчина и др.), имеют централизованное водоснабжение, другие (и их большинство) снабжаются питьевой и хозяйственной водой главным образом из одиночных буровых скважин и копаных колодцев. Состояние водоснабжения во многих случаях оставляет желать лучшего. В одних пунктах организация питьевого и хозяйственного водоснабжения требует неотложной коренной реконструкции, в других — серьезного улучшения и оздоровления.

Особенно остро ощущается это в связи со значительным увеличением потребности в питьевой воде хорошего качества в условиях строительства новых социалистических городов и поселков, создания вокруг г. Ленинграда большой и благоустроенной зоны отдыха трудящихся с многочисленными детскими санаториями, здравницами общего типа и гостиницами-пансионатами.

Основная роль в водоснабжении населения принадлежит подземным водам, очевидное преимущество которых перед поверхностными водами общеизвестно.

Гидрогеологические условия Ленинградской области в общем благоприятны и, казалось бы, эксплуатация подземных вод не должна представлять затруднений. Вместе с тем довольно обильные водоносные горизонты с хорошей питьевой водой, имеющие широкое распространение, в настоящее время используются недостаточно, а в ряде мест совершенно нерационально. Эксплуатационные ресурсы водоносных комплексов и отдельных водоносных горизонтов не используются и вскрывающие их буровые скважины и колодцы, как правило, отличаются незначительными дебитами. Причинами этого являются, с одной стороны, неудачные конструкции буровых колодцев, оборудованных без надлежащего учета характера водовмещающих горных пород, и сложности режима каждого водоносного горизонта и, с другой, — наличие устаревших откачивающих средств недостаточной мощности, вследствие чего не используются возможности больших понижений уровней подземных вод.

Следует также отметить, что наиболее перспективные водоносные горизонты вскрыты сравнительно небольшим количеством буровых колодцев, а если и вскрыты, то не на полную мощность.

Между тем известно, что при использовании буровых колодцев для крупного централизованного водоснабжения следует стремиться максимально использовать каждую скважину, получая предельно возможные дебиты. Такие дебиты могут дать лишь буровые колодцы надлежащего

диаметра, современной конструкции, расположенные в достаточно мощных и водообильных водоносных горизонтах с благоприятными гидрогеологическими условиями режима и устойчивым химическим составом. При этом, разумеется, водоносные горизонты должны быть надежно защищены от возможного загрязнения с поверхности и обладать оптимальными санитарно-гигиеническими показателями.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему улучшению медицинского обслуживания и охране здоровья населения СССР»<sup>1</sup> указывалось на важность и неотложность улучшения водоснабжения городов, рабочих поселков и сельских населенных пунктов нашей страны. Исходя из этого постановления и учитывая пожелания ряда организаций Ленинградской области, Северо-Западное территориальное геологическое управление Министерства геологии РСФСР приняло решение о проведении в Ленинградской области исследований по изучению гидрогеологических условий ряда населенных пунктов, в которых имеется срочная необходимость улучшения и оздоровления водоснабжения.

Постановка подобных гидрогеологических исследований с целью всестороннего освещения условий циркуляции и режима подземных вод и установления возможности их использования для водоснабжения быстро развивающихся городов и сельских населенных пунктов требует обычно длительного изучения гидрогеологической обстановки и поэтапного решения. Однако необходимость срочного решения вопросов водоснабжения потребовала в ускоренном порядке провести обобщение всех имеющихся материалов и составление рекомендаций по населенным пунктам, водоснабжение которых нуждалось в самой неотложной реконструкции.

Эта работа была выполнена коллективом кафедры гидрогеологии и геологии Ленинградского гидрометеорологического института в творческом содружестве с тематической комплексной экспедицией СЗТГУ.

Следует отметить, что объем и содержание гидрогеологических литературных и фондовых материалов потребовали более широкого подхода к решению поставленной задачи. Дело в том, что исследования, проводившиеся ранее, освещали в достаточной степени геологическое строение и литологический состав пород этой территории, сформированной в результате длительной и сложной геологической истории. Что же касается гидрогеологических условий, особенностей режима отдельных водоносных горизонтов и формирования химического состава подземных вод, то этих сведений либо по ряду населенных пунктов не было вовсе, либо их оказывалось крайне недостаточно. Особенно этих сведений оказалось недостаточно для суждения о водообильности отдельных водоносных горизонтов в определенных населенных пунктах для расчета эксплуатационных возможностей буровых колодцев.

Поэтому потребовалось не только провести тщательный анализ фондовых и литературных источников, но и выполнить значительный объем полевых исследований, включающих в свой состав гидрогеологическую съемку большой территории, опытные фильтрационные работы и гидрохимическое опробование водоносных горизонтов.

В настоящей работе изложены результаты изучения гидрогеологических условий и даны рекомендации по улучшению и оздоровлению

<sup>1</sup> Газета «Правда» от 20 января 1960 г.

водоснабжения следующих населенных пунктов: городов Всеволожский, Приозерск, Можайский; поселков Сиверский, Вырица, Любань, Карташевская, Сусанино, Лукаши, Большие Тайцы, Кузнечное, Мельниково, Лесогорский, Ропша и сельских населенных пунктов, находящихся в административном подчинении Большого Тайцкого сельского совета депутатов трудящихся (17 населенных пунктов).

Эти населенные пункты находятся в пределах различных районов, характерных своими геоморфологическими особенностями, геологическими и стратиграфическими соотношениями и своеобразными гидрогеологическими условиями. Этими районами являются: Вуоксинская низина Карельского перешейка, Кембрийская низина, Силурийское (ордовикское) плато и Девонское плато.

В соответствии с выделенными геоморфологическими и геологическими районами, материал исследований сосредоточен в четырех разделах, в которых освещаются геоморфологические особенности, геологическое строение и стратиграфические взаимоотношения отдельных напластований, облегчающие понимание основных закономерностей формирования водоносных горизонтов, а также дается характеристика различных типов подземных вод, условий их залегания, распространения, особенностей питания, циркуляции и разгрузки. Здесь же приводятся и данные о водообильности отдельных водоносных горизонтов и водоносных комплексов и даются рекомендации по их рациональному использованию применительно к каждому населенному пункту и конкретным условиям существующей системы водоснабжения.

Этим разделам предпослан краткий физико-географический очерк.

В процессе работы авторский коллектив встретился с определенными трудностями. Дело в том, что фондовые материалы, особенно опытные гидрогеологические данные, далеко не всегда оказывались пригодными для использования в гидродинамических расчетах. Известно, что дебиты буровых колодцев и скважин, при прочих равных условиях, зависят не только от величины достигнутых понижений уровня водоносного горизонта, но и сезона производства опытных откачек. Анализ исходного материала опытных откачек показал, что в ряде случаев было бы ошибочно ориентироваться в своих заключениях на достигнутые понижения уровня и соответствующие им дебиты, так как опытные откачки проводились в весенний период максимального обводнения водоносных горизонтов. В ряде случаев приходилось проверять данные опытных откачек производством новых опытных работ. Однако это представлялось возможным сделать далеко не во всех случаях. Для использования в гидродинамических расчетах имеющихся данных опытных откачек приходилось рассчитывать сначала общие динамические ресурсы подземных вод и на их основе давать прогнозы эксплуатационных возможностей отдельных водоносных горизонтов или отдельных буровых скважин и колодцев.

Необходимо отметить, что в ряде случаев прогноз эксплуатационных возможностей носит качественный или приближенный количественный характер.

Коллектив кафедры гидрогеологии в содружестве с сотрудниками комплексной тематической экспедиции СЗТГУ проделал большую и полезную работу. Обработан и проанализирован обильный фактический материал, состоящий из описаний нескольких тысяч буровых скважин и

колодцев, сотен опытных откачек и десятков гидрохимических опробований.

Полезность настоящей публикации заключается в том, что она дает возможность не только использовать рекомендации по улучшению и оздоровлению водоснабжения обследованных населенных пунктов, но и в какой-то мере распространить эти рекомендации на другие объекты, находящиеся в аналогичных геолого-геоморфологических и гидрогеологических условиях.

Настоящая работа не является только сводкой обширного архивного и фондового материалов, а и представляет собой качественно новый этап в обработке и анализе имеющихся геоморфологических, геологических и гидрогеологических данных, дополненных авторскими наблюдениями и опробованиями. Авторы настоящей работы внесли ряд уточнений к ранним исследованиям и высказали некоторые новые взгляды на процессы формирования отдельных водоносных горизонтов.

1. В ряде случаев на основе авторских наблюдений внесена существенная детализация в геологические и гидрогеологические разрезы. Впервые для каждого населенного пункта составлены эти разрезы.

2. Произведено стратиграфическое расчленение отложений четвертичной системы на современной основе и для некоторых пунктов составлены карты водообильности этих отложений.

3. Впервые образование Дудергофской и Кирхгофской возвышенностей объяснено гляциодислокациями.

4. Дана более детальная характеристика проявления современных карстовых процессов на Силурийском (ордовикском) плато, описаны новые карстовые формы, уточнены границы активного карста на поверхности и по вертикали.

5. Систематизированы и унифицированы опытные гидрогеологические данные и приведены в состояние пригодности для использования в гидрогеологических расчетах.

6. Произведена оценка естественнодинамических ресурсов подземных вод, на основе которых подсчитаны эксплуатационные ресурсы применительно к особенностям их динамики и режима.

7. На основе гидрохимического опробования получено представление о химическом составе и санитарно-гигиеническом состоянии подземных вод каждого водоносного горизонта.

8. Изучено состояние водоснабжения городов, рабочих поселков и сельских населенных пунктов области и намечены первоочередные и перспективные мероприятия по переустройству существующей системы водоснабжения.

9. Намечены перспективы использования отдельных водоносных горизонтов и водоносных комплексов подземных вод для целей централизованного водоснабжения.

Настоящая работа выполнена коллективом кафедры гидрогеологии и геологии ЛГМИ под руководством заведующего кафедрой кандидата географических наук доцента П. Н. Морозова.

Гидрохимические анализы выполнены лаборантом кафедры гидрохимии В. Г. Харитоновой под руководством член-корр. АН СССР профессора О. А. Алекина.

В выполнении большого объема полевых исследований в течение 1961—1966 гг. ежегодно принимала участие большая группа (около

40 человек) студентов 3 курса гидрологического факультета, производивших гидрогеологическую съемку и опытно-фильтрационные работы.

В процессе выполнения настоящей работы существенную научную помощь коллективу кафедры оказали сотрудники Тематической комплексной экспедиции СЗТГУ старшие инженеры С. Г. Горелик и Е. В. Матлова, принимавшие активное участие в совместном решении ряда сложных вопросов.

Авторы считают приятным долгом отметить то обстоятельство, что в необходимых случаях они пользовались любезной консультацией старшего научного сотрудника ВСЕГИНГЕО Б. Н. Архангельского, которому коллектив кафедры выражает самую искреннюю признательность.

Зав. кафедрой гидрогеологии и геологии ЛГМИ  
*П. Морозов.*

---





## I. КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

В геолого-структурном отношении одна часть обследованных населенных пунктов расположена по юго-восточному краю Балтийского щита и сосредоточена в одном геоморфологическом районе, известном под названием Вуоксинская низина, в то время как другая часть их размещена по северо-западному краю плиты Русской платформы и сосредоточена в трех геоморфологических районах: Кембрийской низины, Силурийского (ордовикского) плато и Девонского плато (рис. 1).

В тектоническом отношении юго-восточный край Балтийского щита представляет собой корневые части складчатых структур докембрийских метаморфических толщ, прорванных интрузиями кислых и основных пород и одновременно разбитых сбросами на глыбы. Эти сложные тектонические структуры срезаны холмистой поверхностью древнего пенеплена, которая прерывисто покрыта комплексом четвертичных отложений.

Геоморфологические районы северо-западного края плиты Русской платформы обладают общностью своего тектонического строения, они приурочены к единой моноклиальной структуре. В строении этой структуры участвуют: докембрийский кристаллический фундамент, верхнепротерозойские и палеозойские осадочные образования, прикрытые плащом четвертичных отложений (рис. 2).

Докембрийский кристаллический фундамент, как показывают данные бурения, сложен гнейсами, мигматитами, сланцами и гранитами со сложными стратиграфическими и тектоническими взаимоотношениями. Поверхность кристаллического фундамента от края Балтийского щита полого уходит на юг и юго-восток и погружается при этом под покров верхнепротерозойских и палеозойских осадочных пород. Градиент падения поверхности фундамента достигает в среднем 2 м на 1 км, а местами 4 м на 1 км. Эта поверхность не является ровной, а несет следы расчленения, на что указывает изменение ее абсолютных отметок от 10 до 20 м на расстоянии нескольких сот метров, а на значительных расстояниях — до 100 м (см. рис. 1).

Верхнепротерозойские и палеозойские осадочные породы залегают несогласно на кристаллическом фундаменте и в более мягкой форме отражают в общих чертах величину и направление падения его поверхности (см. рис. 2). Верхнепротерозойские и палеозойские породы образуют очень пологую моноклиальную структуру с падением слоев к югу и юго-востоку под углом до 1°. Моноклиальное залегание этих пород, чередование водоносных и водоупорных толщ является условием развития напорных водоносных горизонтов в интересующих нас районах. Моноклиальным залеганием также обусловлено и то обстоятельство, что в направлении с севера на юг наблюдается последовательная смена

возраста и литологического состава пород, выходящих на поверхность. В результате длительной континентальной денудации (с начала верхнего девона до начала четвертичного периода) на поверхности монокли-нальной структуры сформировался ряд структурно-денудационных рав-нин, из которых нами частично исследованы Кембрийская низина, Силу-рийское (ордовикское) плато и Девонское плато.

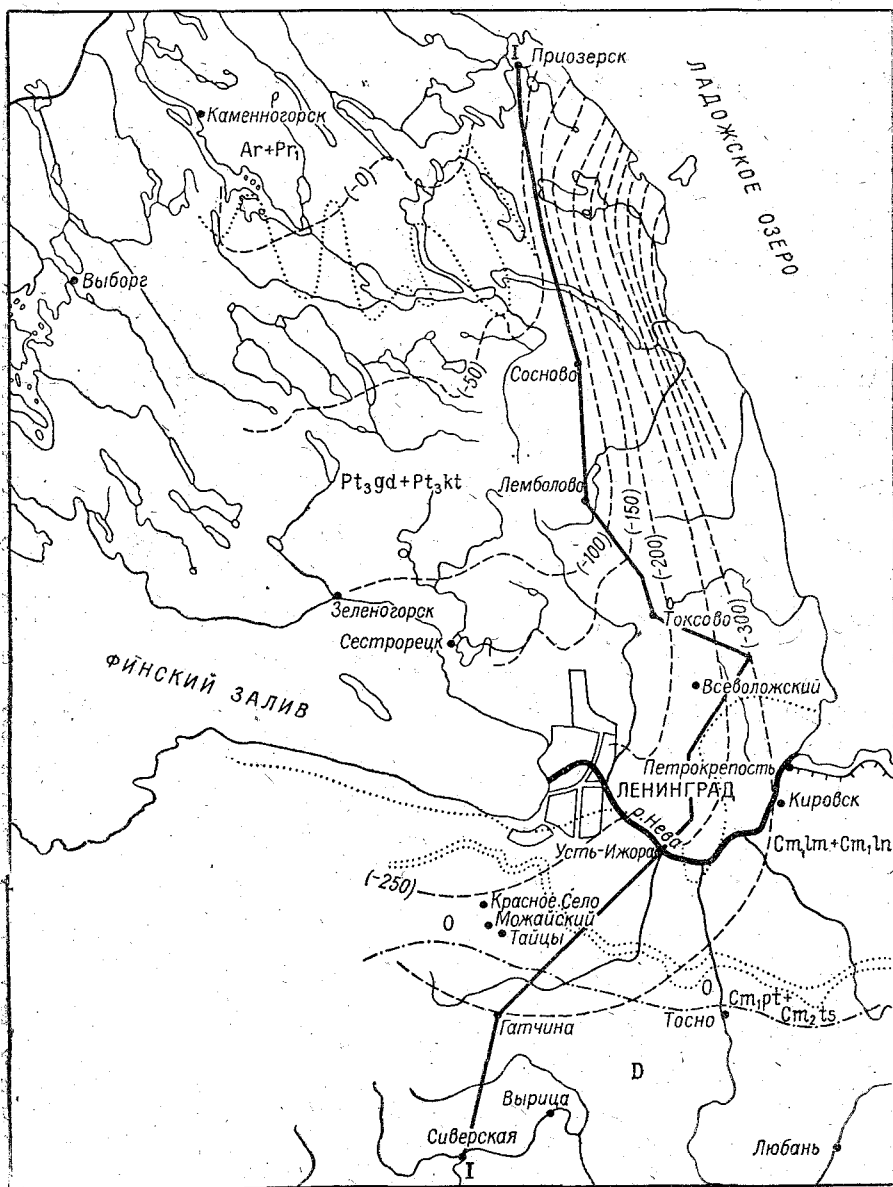


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Ленинградской области  
1 — границы стратиграфических подразделений, 2 — изогипсы поверхности докембрийских образований, 3 — линии геологического разреза.

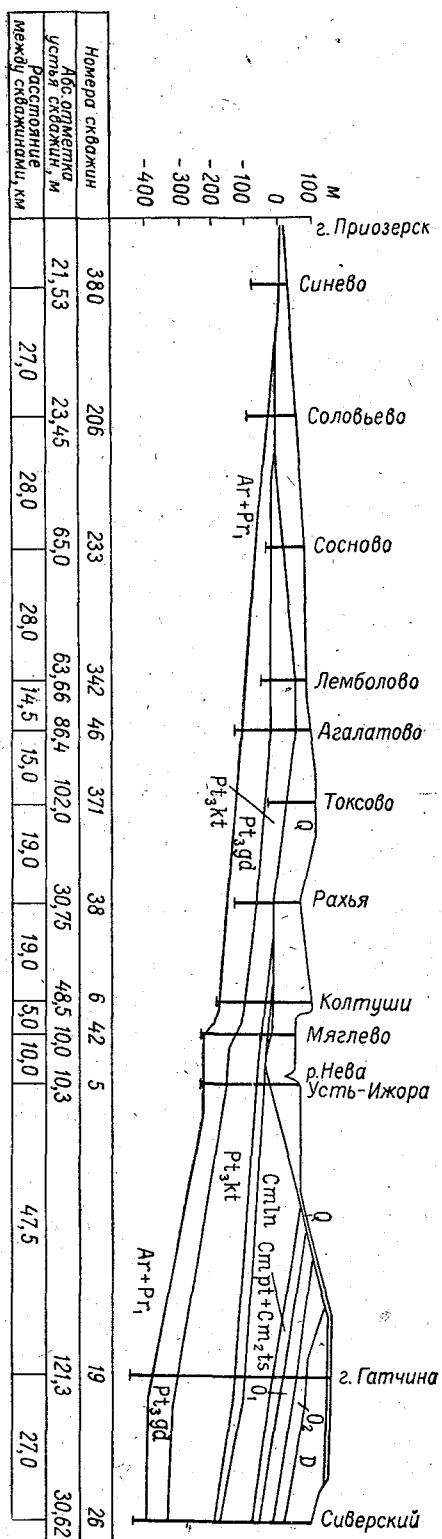


Рис. 2. Схематический геологический разрез 1—1

Развитие современного рельефа перечисленных равнин тесно связано с деятельностью четвертичных материковых льдов и талых ледниковых вод. В результате геолого-геоморфологического развития в течение дочетвертичного и четвертичного времени каждая структурно-денудационная равнина обрела свои характерные особенности и признаки.

*Вуоксинская низина* занимает северную часть Карельского перешейка и тянется полосой между Выборгским заливом и западным берегом Ладожского озера. В общем здесь преобладает холмисто-грядовый или полого-холмистый слаборасчлененный рельеф. Местами рельеф носит равнинный характер с общим наклоном поверхности с запада на восток.

Характерной особенностью рельефа являются озовые гряды, вытянутые преимущественно с северо-запада на юго-восток. Гряды разделены долинообразными понижениями и впадинами такого же направления.

Равнинный и равнинно-холмистый рельеф наблюдается главным образом по западному побережью Ладожского озера (рис. 3).



Рис. 3. Равнина Вуоксинской террасы

Река Вуокса берет начало в Финляндии в юго-восточной части озера Сайма, принимает многочисленные притоки и впадает в Ладожское озеро двумя рукавами. По пути следования она протекает через множество озер. Ее бассейн имеет очень высокий процент озерности, достигающий 18,7%. Местами р. Вуокса не имеет аллювиальных отложений и течет по коренным породам (в районе поселков Мельниково и Лесогорского).

Среди множества озер, расположенных в понижениях между грядами, имеются довольно крупные озера (Судаковское, Лесогорское, Окуневское, Кейхо-Лампи, Лахдан-Сельке и др.). Сотни мелких озер соединены между собой порожистыми реками-протоками. Большая часть озер вытянута в юго-восточном направлении. Кроме того, на участках, где р. Вуокса сильно меандрирует, в ее излучинах образуется также много мелких озер.

*Кембрийская низина* прилегает к южному краю Карельского перешейка и располагается между Финским заливом на западе и южной частью Ладожского озера — на востоке. В общем равнинный характер низменности нарушается отдельными возвышенностями. В северной и северо-восточной частях находятся наиболее крупные возвышенности: Токсовская, Юкки-Парголовская, Колтушская, Румболово-Кяселевская и

Щегловская. Поскольку исследования наши проводились в районе г. Всеволожского, были детально изучены особенности рельефа Колтушской, Румболово-Кяселевской и Щегловской возвышенностей. Наиболее крупной является Колтушская возвышенность. Очертания поверхности Колтушской возвышенности сложные. Здесь характерно частое чередование замкнутых впадин и разделяющих их гряд. К Кембрийской низине Колтушская возвышенность обрывается крутым уступом. По краю уступа наблюдаются многочисленные бухтообразные впадины. По восточной стороне в некоторых бухтообразных понижениях располагаются озера (Коркинское, Первое и др.). В центральной части возвышенности наблюдаются мелкие воронкообразные углубления, в некоторых из них также находятся мелкие озера.

Севернее лежит Румболово-Кяселевская возвышенность, отделенная от Колтушской возвышенности седловиной. Размеры ее значительно меньше, чем Колтушской. Очертания Румболово-Кяселевской возвышенности, особенно ее западной окраины, также причудливы с многочисленными впадинами и грядами. На вершинах холмов местами наблюдаются ровные площадки. На склонах холмов часто можно наблюдать уступы, выработанные в результате абразионной деятельности. На северо-восточной окраине возвышенности располагается оз. Большое Пугаревское и вдоль восточного ее края — озера Длинное и Круглое.

К востоку от Румболово-Кяселевской возвышенности находится Щегловская возвышенность, рельеф которой более спокойный.

Озера, встречающиеся в районе Кембрийской низины, обычно малы по площади, располагаются во впадинах среди холмистого рельефа, часто с заболоченными берегами и с илистым дном. Некоторые из них заросли и превратились в болота.

Наиболее крупная река описываемой местности — Нева соединяет Ладожское озеро с Финским заливом и протекает среди равнинной сильно заболоченной части низины. Длина реки 74 км. Площадь водосбора самой реки около 6000 км<sup>2</sup>, сбрасывая в Финский залив воды Ладожского озера, Нева получает воды с обширного водосбора площадью в 282300 км<sup>2</sup>. Наиболее крупным правобережным притоком р. Невы является р. Охта. Она берет начало на юго-западном склоне центральной возвышенности Карельского перешейка и образуется от слияния двух ручьев овражного типа. Приток р. Охты — Ржевка с притоками Лубья и Мельничий Ручей протекает в районе Колтушской и Румболово-Кяселевской возвышенностей.

Все правые притоки Невы слабо врезаны в заболоченные берега и берут начало в озерах среди камовых холмов. Левые притоки Невы прорезают глинт, и поэтому верхние участки их имеют узкие каньонообразные долины, а нижние характеризуются мелкими долинами и более извилистыми руслами (р. Тосна, р. Славянка с притоком Поповка и др.).

*Силурийское (ордовикское) плато* протягивается к югу от Кембрийской низины и суживается к востоку. Оно возвышается над низиной резко выраженным уступом, известным под названием глинта, высотой от 30 до 50 м. С запада на восток Силурийское (ордовикское) плато протягивается от Эстонии до р. Сясь, впадающей в Ладожское озеро. Южная граница плато в рельефе выражена слабо; оно незаметно переходит в следующий геоморфологический район — Девонское плато. Наиболее типично выраженная часть Силурийского (ордовикского)

плато выделяется под названием Ижорской возвышенности. В орографическом отношении этот район представляет собой равнинное плато, в центральной части которого наблюдаются наибольшие абс. отметки. От центра плато к его периферии местность полого понижается. Наиболее расчлененное строение поверхности наблюдается в пределах глинта. Несколько южнее глинта, на равнинном плато, резко выделяются в рельефе Дудергофская и Кирхгофская возвышенности. В остальной части в общем поверхность плато нарушается лишь небольшими карстовыми воронками и более обширными плоскими понижениями, разделенными невысокими грядами. Внутренняя часть Ижорской возвышенности характеризуется как территория, лишенная речной сети; поверхностный сток отсутствует, поскольку здесь имеет место интенсивное развитие современных карстовых процессов. Выпадающие атмосферные осадки, не задерживаясь на поверхности, поглощаются трещинами и воронками. Современная речная сеть располагается радиально по отношению к возвышенности. В северной части плато на склонах глинта берут начало малые реки: Дудергофка, Стрела, Петергофский канал, Воронка и др., заходящие верховьями вглубь плато до 10 км. Вдоль западного края глинт прорезают долины рек Копорки, Систы, Сумы и Солки. Южная часть плато входит в бассейн р. Луги и здесь берут начало ее притоки: Хревица, Сумка, Лемовка и Оредеж с р. Суйдой. На востоке находится р. Ижора с притоками Парица, Пудость и Веревка. Большинство рек питается водами ордовикских известняков, выходящими в виде ключей по краям плато. Верховья современных рек не проникают вглубь Ижорской возвышенности; ее площадь, не имеющая поверхностных водотоков, достигает свыше 2000 км<sup>2</sup>.

На территории района исследования протекают реки: Стрелка (у пос. Ропша) и Ижора с притоками Пудость (рис. 4) и Веревка. Режим рек находится в тесной зависимости от метеорологических условий. Весеннее половодье обычно представлено одной волной, но в годы с медленным таянием снега могут быть две-три волны. Летом и осенью на реках при общем понижении уровня и уменьшении стока наблюдаются дождевые паводки. Осенние паводки часто длятся вплоть до появления на реках льда. Зимой питание рек происходит только за счет подземных вод. Ледяной покров устанавливается в середине ноября — декабре, вскрытие рек происходит в середине апреля. Кое-где в районе исследования располагаются озера, которые приурочены к карстовым воронкам, эрозионно-карстовым впадинам и ложбинам. Площадь озер невелика.

*Девонское плато*, расположенное к югу от Силурийского (ордовикского) плато, является северо-западной частью Главного девонского поля.

Для Девонского плато характерен рельеф полого-волнистой равнины, нарушаемой долинами рек. Наиболее низкие участки расположены в восточной части исследованного района. Общий уклон поверхности направлен к Финскому заливу. Наибольшие высоты наблюдаются вблизи поселков Сиверский и Карташевская. Высоты понижаются в восточном и юго-восточном направлениях. Понижения обычно представлены логами неопределенных и неправильных очертаний, местами заболоченными. По некоторым из них протекают временные и постоянные ручьи. Склоны логов и долины ручьев пологие, задернованы и залесены.

Основной дренирующей артерией этой части Главного девонского поля является древняя долина р. Луги. В северной части района протекают: крупный правый приток Луги — р. Оредеж с притоком Суйда, реки Ижора и Тосна (левые притоки р. Невы) и в северо-восточной части р. Волхов, впадающая в Ладожское озеро с левым притоком — р. Тигода.

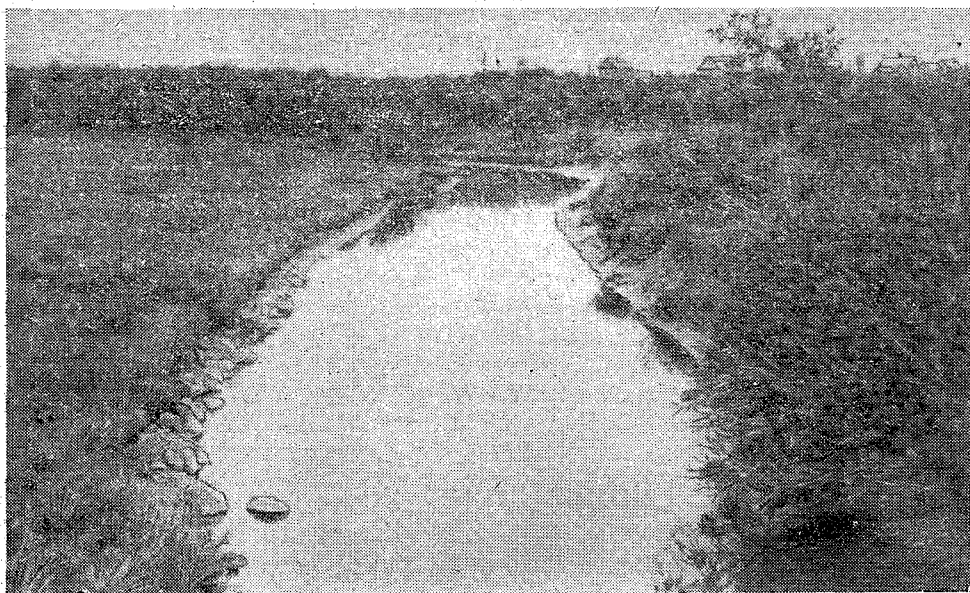


Рис. 4. Река Пудость у дер. Ивановка

Река Оредеж, на которой расположены поселки Сиверский и Вырица, вытекает из Кикеринских болот. Длина всей реки 201 км, площадь водосбора 3420 км<sup>2</sup>. Склоны долины крутые, местами обрывистые. Режим уровней характеризуется весенним половодьем, летне-осенним паводком и сравнительно устойчивыми уровнями летней и зимней межени. Последнее объясняется наличием в верховьях реки постоянного обильного питания из ключей за счет подземных вод. Многочисленные источники наблюдаются как по берегам реки, так и на дне русла. Уровненный режим в значительной мере искажен работой гидросиловых установок. Подъем уровней весной начинается обычно в конце марта и достигает наибольшей величины в середине апреля. Спад уровней идет медленно и заканчивается к концу мая — началу июня. Летом иногда бывает один-два дождевых паводка. Осенние паводки наблюдаются почти ежегодно. Замерзает р. Оредеж во второй половине декабря, толщина льда 0,5—0,8 м. Вскрывается в первых числах апреля. Продолжительность ледохода 1—3 дня.

Река Ижора, на левом берегу которой расположен пос. Лукаши, имеет здесь неглубокую долину, врезанную в четвертичные отложения.

Река Тигода, пересекающая г. Любань с запада на восток, врезается в ледниковые и девонские отложения. Река Тигода принимает многочисленные притоки, большинство из которых имеет временный ха-

ракти. Ширина русла и глубина р. Тигоды очень непостоянны по сезонам.

**Климат описываемых районов**, как и всего северо-запада РСФСР, является умеренно континентальным с чертами морского влияния. Особое значение имеет перенос воздуха с Северной Атлантики и Арктических морей. Температура зимних месяцев более высокая, чем на тех же широтах, но дальше к востоку. Даже в январе наблюдаются оттепели (до  $5-6^{\circ}\text{C}$ ), но в холодные годы температура достигает  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже. Большое влияние на климат оказывает близость Балтийского моря, а в районах Карельского перешейка — наличие многочисленных озер, разбросанных по всему перешейку, и особенно Ладожское озеро. Среднегодовые температуры воздуха положительные и колеблются от  $3,2$  до  $4^{\circ}\text{C}$ , закономерно понижаясь по мере удаления от побережья Финского залива и повышения местности.

В табл. 1 приводится распределение среднемесячной температуры воздуха по наблюдениям некоторых метеорологических станций (по многолетним данным).

Самым холодным месяцем является февраль со среднемесячной температурой воздуха от  $-8,3$  до  $-8,6^{\circ}\text{C}$ . Минимальная температура воздуха достигала, по данным станции г. Выборга,  $-37,2^{\circ}\text{C}$  (в 1941 г.). Первые морозы наступают в начале октября и продолжаются до конца апреля. Безморозный период длится от 91 до 152 дней в году. Максимальная глубина промерзания почв: песчаных до 0,70 м, суглинистых до 1,3 м. Снежный покров появляется во второй половине октября — в начале ноября, а сходит в апреле. Среднее число дней в году со снежным покровом 132, причем наибольшей высоты снежный покров достигает обычно в середине марта. В начале апреля среднесуточная температура становится выше  $0^{\circ}\text{C}$ . Начало весны с устойчивым переходом дневных температур через  $0^{\circ}\text{C}$  характеризуется значительной изменчивостью погоды, с частым чередованием ясных и пасмурных, теплых и холодных дней. Возвраты холодов — обычное явление. Падение температуры ниже  $0^{\circ}\text{C}$  прекращается лишь в среднем к июню, а заморозки на почве возможны до середины июня. Максимальная среднемесячная температура наблюдается в июле ( $16-17^{\circ}\text{C}$ ), но вторжение с юга теплых воздушных масс может повысить температуру в отдельные дни до  $30^{\circ}\text{C}$  и выше. В то же время повышению температуры часто препятствуют северо-западные ветры.

Наступление осени характеризуется значительным снижением температуры, и во второй половине сентября нередко наблюдаются заморозки. Однако в целом осень продолжительная и сравнительно теплая, периоды затяжных малоинтенсивных дождей часто сменяются сухой, теплой и ясной погодой.

В связи с тем, что с уменьшением температурных контрастов между океаном и континентом циклоническая деятельность весной проявляется слабее, на весну падает наименьшее количество осадков и наименьшее количество дней с осадками. Летом же, когда происходит оживление циклонической деятельности, количество осадков увеличивается и достигает за июнь — август 40% годовой суммы.

Ниже приводится таблица среднегодового и среднемесячного количества осадков по станциям (табл. 2).



**Среднемесячная температура воздуха  
(по многолетним данным)**

*Таблица 1*

| Станция               | I    | II   | III  | IV  | V   | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI   | XII  | Год |
|-----------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-----|
| Выборг                | -7,5 | -8,3 | -5,0 | 1,2 | 7,7 | 12,6 | 16,0 | 14,4 | 9,7  | 4,3 | -0,4 | -4,9 | 3,3 |
| Ленинград<br>(Лесное) | -8,0 | -8,4 | -4,6 | 2,6 | 9,4 | 14,0 | 17,0 | 14,9 | 9,9  | 4,1 | -1,1 | -5,9 | 3,7 |
| Петродворец           | -7,8 | -8,1 | -4,2 | 2,7 | 9,4 | 13,9 | 16,9 | 14,8 | 10,1 | 4,3 | -0,8 | -5,4 | 3,8 |
| Стрельна              | -7,8 | -8,3 | -4,6 | 2,1 | 9,3 | 14,3 | 17,4 | 15,4 | 10,4 | 4,6 | -0,6 | -5,5 | 3,9 |
| Ропша                 | -8,3 | -8,6 | -4,6 | 2,4 | 9,3 | 13,4 | 16,5 | 14,3 | 9,6  | 3,7 | -1,0 | -6,1 | 3,4 |
| Вырица                | -8,4 | -8,6 | -4,8 | 2,8 | 9,6 | 13,9 | 16,4 | 14,5 | 9,5  | 3,9 | -1,4 | -6,4 | 3,4 |
| Гатчина               | -8,7 | -8,8 | -5,1 | 2,5 | 9,1 | 13,6 | 16,4 | 14,3 | 9,4  | 3,8 | -1,7 | -6,3 | 3,2 |

**Среднемесячное количество осадков**

*Таблица 2*

| Станция               | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|-----------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Выборг                | 33 | 29 | 20  | 36 | 42 | 50 | 52  | 61   | 56 | 59 | 50 | 45  | 533 |
| Ленинград<br>(Лесное) | 37 | 35 | 30  | 36 | 50 | 69 | 67  | 87   | 71 | 59 | 51 | 43  | 635 |
| Ленинград ГГО         | 30 | 30 | 27  | 33 | 47 | 63 | 56  | 84   | 64 | 51 | 43 | 37  | 565 |
| Петродворец           | 31 | 30 | 29  | 32 | 47 | 66 | 66  | 87   | 66 | 50 | 46 | 38  | 588 |
| Стрельна              | 28 | 27 | 24  | 28 | 40 | 55 | 54  | 72   | 58 | 41 | 37 | 32  | 496 |
| Ропша                 | 30 | 27 | 29  | 30 | 47 | 69 | 68  | 92   | 76 | 53 | 47 | 37  | 605 |
| Вырица                | 30 | 27 | 29  | 30 | 48 | 69 | 68  | 91   | 75 | 52 | 47 | 38  | 604 |
| Гатчина               | 30 | 30 | 28  | 35 | 46 | 47 | 75  | 65   | 68 | 55 | 44 | 38  | 582 |

Из приведенной таблицы видно, что наибольшее количество осадков наблюдается в августе.

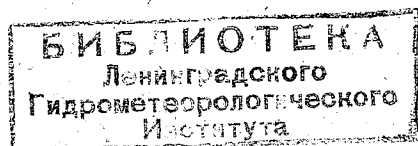
В связи с неравномерностью распределения осадков по месяцам, значительный интерес приобретает ход относительной влажности воздуха (табл. 3).

**Среднемесячная относительная влажность в %**

*Таблица 3*

| Станция  | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|----------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Стрельна | 86 | 83 | 75  | 71 | 62 | 65 | 65  | 68   | 73 | 79 | 86 | 88  | 75  |
| Пушкин   | 84 | 79 | 70  | 62 | 53 | 55 | 58  | 63   | 68 | 77 | 85 | 88  | 70  |

Максимальные значения относительной влажности наблюдаются в осенне-зимние месяцы. В соответствии с годовым ходом относительной влажности и температуры величины испарения с почвы и снежного покрова имеют минимальные значения зимой (1—5 мм) и максимальные летом (в июне 65 мм).



Сопоставление данных о годовом ходе температуры, осадков и испарения позволяет сделать ряд выводов о роли метеорологических факторов в питании и режиме подземных вод района.

1. Теплый период в связи с высокими показателями испарения, несмотря на обилие осадков, характеризуется небольшим пополнением запасов подземных вод.

2. Весной, в период снеготаяния, и осенью, в период затяжных дождей, происходит основное пополнение запасов подземных вод.

3. Влияние атмосферных процессов на подземные воды несомненно и надо полагать, что резкие изменения условий увлажнений по сезонам будут предопределять и значительные колебания уровней и расходов подземных вод.

---

## II. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ВУОКСИНСКОЙ НИЗИНЫ

### 1. Геолого-геоморфологические особенности

Вуоксинская низина представляет собой слабохолмистую равнину, на которой имеют значительное распространение плоские поверхности, созданные ледниковым водоемом. Последний возник у края ледника, стоявшего в южной Финляндии, у гряды Сальпуасельке. На юге он был ограничен краем повышенной центральной части Карельского перешейка.

В геологическом строении Вуоксинской низины принимают участие докембрийские кристаллические образования и четвертичные отложения.

Докембрийские образования до настоящего времени без достаточного основания относили к архею (Н. К. Калининкова и др., 1955) или к нерасчлененным архею и протерозою (В. А. Перевозчикова и др., 1956). По нашим наблюдениям, на всей площади Вуоксинской низины докембрийские породы представлены слюдяными сланцами, с которыми связаны наблюдаемыми переходами гранато-биотитовые гнейсы и различного вида мигматиты, развитые по сланцам и гнейсам. В слюдяных сланцах, залегающих в форме небольших реликтовых тел, в гнейсах и мигматитах повсеместно наблюдаются линзы кварцитов или метабазитов (образованные путем разрыва и разлинзования), характерные для сланцев и гнейсов ладожской формации Северного Приладожья (Н. Г. Судовиков, 1954). Это позволяет сланцы, гнейсы, метабазиты и мигматиты по ним относить к толще ладожской формации, возраст которой принимается в последнее время как нижнепротерозойский ( $Pt\ ld$ ).

Сланцы, метабазиты и гнейсы прорываются серыми среднезернистыми гранитами сортавальского типа. Эти граниты образуют мигматиты по сланцам и гнейсам, а в ряде мест они слагают крупные тела.

В районе пос. Кузнечного сланцы, гнейсы, мигматиты и серые граниты прорываются розовыми порфировидными гранитами типа острова Путсари. Такие граниты образуют выходы на значительных площадях, где они добываются как облицовочный материал. Серые и розовые граниты принимаются как постладожские образования и по возрасту сопоставляются с нижнепротерозойскими гранитами ( $\gamma_3 Pt_1$ ). Нижнепротерозойские породы несколько западнее пос. Лесогорского прорываются верхнепротерозойскими гранитами раппакивы ( $\gamma_5 Pt_3$ ), которые на западном крае Вуоксинской низины образуют известный Выборгский массив.

Осадочные слабометаморфизованные породы верхнепротерозойского возраста, представленные кварцито-песчаниками, вскрыты южнее г. Приозерска буровыми скважинами. Выходов на поверхность этих

пород не обнаружено. В пос. Бруснички (в 10 км южнее г. Приозерска) кварцито-песчаники вскрыты под четвертичными отложениями на глубине 83,7 м. В этом месте скважина углубилась на 166,14 м в кварцито-песчаники и вскрыла в них напорный водоносный горизонт. В пос. Моторное (в 12 км к юго-востоку от г. Приозерска) кварцито-песчаники вскрыты на глубине 135,0 м. Поскольку взаимоотношение кварцито-песчаников с докембрийскими кристаллическими и палеозойскими осадочными породами не установлено, их возраст остается проблематичным. В. А. Перевозчикова (1956) относит их к петрозаводской свите Иотнийской серии верхнего протерозоя ( $Pt_3 \cdot pt_2?$ ).

Тектоника и трещиноватость докембрийских кристаллических образований являются необходимыми условиями возможной их водоносности. Для выяснения этого вопроса в крупных карьерах пос. Кузнечного, заложенных в нижнепротерозойских серых и розовых гранитах, нами были проведены специальные полевые наблюдения. Последние подтвердили выводы предыдущих исследователей (Н. И. Калининкова и др., 1955, В. М. Горюнов, 1950) о том, что трещиноватая зона и кора выветривания кристаллических пород в северной части Карельского перешейка удалена в результате выпаживания ледниками четвертичного времени. Такое заключение вытекает из того, что в исследуемом районе граниты и другие кристаллические породы как в обнажениях непосредственно на поверхности, так и вскрытые карьерами под четвертичными отложениями являются совершенно свежими без заметных следов выветривания. В розовых порфировидных гранитах ясно развиты первично-тектонические трещины. Последние были изучены в нескольких карьерах на глубину до 30 м. В исследуемых гранитах ясно выражена плоско-параллельная ориентировка таблитчатых кристаллов полевого шпата и пластинок биотита, что свидетельствует об их синорогенной кристаллизации. Простираение плоско-параллельной текстуры близко к широтному, падение вертикальное. Для текстуры этих гранитов характерно развитие трех систем трещин:

1. Продольные трещины, расположенные параллельно плоско-параллельным текстурам. Их густота от 1,5 до 3,5 м; стенки этих трещин гладкие.

2. Поперечные трещины, секущие плоско-параллельную текстуру под прямым углом. Их стенки также гладкие, падение близко к вертикальному. Густота трещин от 3 до 20 м. В отдельных местах в гранитах имеются трещиноватые зоны мощностью до 2 м, в которых густота поперечных трещин 0,3—0,5 м.

Продольные и поперечные трещины от поверхности и до глубины около 5 м расширены до 2—5 мм, по их стенкам наблюдается каолинизация, налеты бурых окислов железа и другие следы выветривания. С глубины 5 м трещины сужаются до 1—2 мм и постепенно переходят в капилляры.

3. Пологонаклоненные, или горизонтальные трещины. Густота этих трещин до глубины 10 м составляет от 0,5 до 3 м, а ниже — более 5 м.

Из описанных видов трещин водопроводящими могут быть только поперечные трещины и только в местах, где они образуют трещиноватые зоны, которые встречаются довольно редко. Аналогичный характер трещиноватости наблюдается также в гнейсах, мигматитах и других кристаллических породах.

Мощные зоны дробления, связанные с разрывными дислокациями регионального характера, в докембрийских кристаллических породах непосредственно на поверхности не обнаружены. Однако известно, что в докембрийских кристаллических щитах к разрывным дислокациям и их зонам дробления приурочены депрессии в рельефе, используемые гидрографической сетью. В исследуемом районе депрессии подобного типа имеют широкое распространение. Их примером может служить узкий залив Ладожского озера Тайволахти, вдающийся в Карельский перешеек восточнее пос. Кузнечного до 3 км. В юго-западном направлении залив переходит в долину с обрывистыми склонами и заболоченным дном, которая соединяет депрессию залива с впадиной оз. Кейхо-Лампи. Впадина этого озера переходит в долину, имеющую вид трога (в ней расположен пос. Кузнечное) юго-восточного направления, переходящую во впадину оз. Лахденселька, которая в свою очередь соединяется с системой р. Вуоксы. Сложноветвящаяся система последней отражает наличие глыбовых структур и размещение в плане разрывных дислокаций с зонами дробления кристаллических пород.

На неровной поверхности докембрийских образований почти сплошным чехлом залегают отложения четвертичной системы. Их мощность зависит от рельефа поверхности подстилающих пород и поэтому изменяется от 2—3 до 100 м и более.

В возрастном и генетическом отношении породы четвертичной системы связаны с карельской фазой последнего оледенения. По этому признаку различаются предледниковые, ледниковые, позднеледниковые и послеледниковые отложения.

Предледниковые отложения представлены озерно-ледниковыми образованиями ( $gl\ Q_{III}$ ). В литологическом отношении они выражены ленточными глинами и ленточными пылеватыми супесями мощностью до 50—60 м. Эти образования на поверхность нигде не выходят и вскрыты буровыми скважинами: в 3 км к северо-востоку от г. Приозерска и в поселках Бруснички и Моторном. Во всех указанных местах предледниковые отложения подстилаются докембрийскими породами.

Ледниковые образования ( $gl\ Q_{III}$ ) представлены мореной. Следует подчеркнуть, что морена в данном районе отсутствует на значительных площадях, а в местах своего залегания отличается непостоянством состава и мощности. Так, в районе пос. Лесогорского мореной покрыто только 60% всей площади. Здесь она представлена зеленовато-серыми валунными суглинками и глинами, в нижней части местами переходящими в пылеватые валунные пески. Внутри пласта морены встречаются песчано-галечные линзы. Общая мощность морены здесь непостоянна и варьирует от 3 до 24 м. Залегает морена непосредственно на докембрийских породах. В пос. Мельниково морена имеет аналогичное распространение, состав и мощность, а в пос. Кузнечном она отсутствует. На территории г. Приозерска морена развита только в понижениях поверхности кристаллических пород. Здесь она представлена серыми валунными пылеватыми песками и супесями, часто с включением щебня мощностью 2—5 м. В пос. Бруснички по данным разреза скважины морена выражена валунными суглинками мощностью 27,0 м, а в пос. Моторном, по таким же данным, до 50 м. В указанных местах морена подстилается предледниковыми ленточными глинами, а покрывается послеледниковыми песками ладожской трансгрессии.

Позднеледниковые образования представлены флювиогляциальными (*fgl Q<sub>III4</sub>*) и озерно-ледниковыми отложениями (*lgl Q<sub>III4</sub>*).

Флювиогляциальные отложения на площади Вуоксинской низины имеют значительное распространение; они в рельефе образуют озовые гряды или флювиогляциальные равнины. В окрестности пос. Лесогорского имеются две озовые гряды. Одна из них простирается к оз. Лесогорскому, другая протягивается на северо-запад от пос. Лесогорского на несколько километров. Внутреннее строение озовых гряд сложное и изменчивое по простиранию. Сверху озы перекрыты частично ленточными глинами, супесями и мелкозернистыми песками, а их внутренняя часть сложена разнозернистыми песками с гальками. Сводный разрез оза, составленный по данным буровых скважин, имеет следующую последовательность напластований и их мощности:

- 1) ленточные глины мощностью от 0,1 до 13,0 м;
- 2) супесь с гальками мощностью от 6,0 до 11,0 м;
- 3) песок мелкозернистый мощностью от 2,0 до 11,2 м;
- 4) пески разнозернистые с гальками пройдены до глубины 29,0 м.

Вскрытая мощность их колеблется от 2,0 до 12,0 м.

В пос. Мельниково озовая гряда слабо выражена в рельефе. В сложении оза преобладают разнозернистые пески с гальками и гравием.

В пос. Кузнечном озовая гряда протягивается с северо-запада на юго-восток. Строение озовой гряды очень сложное: в ее кровле четко выделяется слоистая толща разнозернистых гравелистых песков и галечников общей мощностью до 20 м. В основании и внутри гряды залегают валунно-галечные образования, слагающие ядро оза. Озовые образования залегают на сглаженной ледником поверхности протерозойских гранитов. Мощность валунно-галечных образований 15—20 м. С северо-запада на юго-восток в песчано-гравийных и валунно-галечных отложениях заметно изменяется их гранулометрический состав. У оз. Окуневого в сложении внутреннего ядра оза преобладают валуны и крупные гальки, а у пос. Богатырево ядро состоит из галечников. В песчаной толще этого оза у названного озера гравелистые и крупнозернистые пески содержат много галечных прослоев, а вблизи пос. Богатырево в этой толще преобладают среднезернистые пески с прослями крупнозернистых песков.

У г. Приозерска флювиогляциальные отложения образуют равнину шириной около 2 км и протяжением до 3 км, сложенную с поверхности и до глубины примерно 10,0 м галечниками с прослоями гравия и крупнозернистого песка, залегающими в форме линз. Ниже до глубины 30,0 м залегают крупнозернистые и гравелистые пески, переходящие в разнозернистые пески.

Изучение слоистых текстур флювиогляциальных образований в поселках Мельниково, Кузнечном и в г. Приозерске показало наличие в их толщах отложений руслового типа с падением косой слоистости к юго-востоку по азимуту 140—150°. Последнее свидетельствует о том, что водно-ледниковые потоки имели направление течения с северо-запада на юго-восток. В этом направлении также наблюдается уменьшение размеров фракций описываемых отложений, что особенно ясно выражено в озовой гряде пос. Кузнечного.

Приведенные характеристики показывают, что флювиогляциальные отложения обладают общностью литологического состава пород, среди которых преобладают грубозернистые разности. Всюду они подстила-

ются массивными кристаллическими породами, а их общая мощность по району изменяется от 10—20 до 40 м.

Озерно-ледниковые отложения ( $lg\ l\ Q_{III_4}$ ) в своем распространении приурочены к плоскодонным впадинам, которые располагаются между выступами докембрийских пород и озовыми грядами. В литологическом отношении эти отложения отличаются однообразием. Они всюду представлены зеленовато-серыми ленточными глинами с прослоями ленточных мелкозернистых и пылеватых песков общей мощностью до 10—12 м. Залегают эти отложения либо на докембрийских породах, либо перекрывают флювиогляциальные отложения. Так, например, в пос. Кузнечном они покрывают только подножия озовых гряд, а в пос. Лесогорском — залегают даже на их вершинах. Вся толща озерно-ледниковых отложений вскрыта карьерами в пос. Кузнечном. Здесь они имеют мощность до 12 м и представлены ленточными глинами с прослоями мелкозернистых ленточных песков. Последние имеют мощность 0,1—0,4 м и в разрезе составляют 30—40%.

К послеледниковым образованиям относятся отложения ладожской трансгрессии ( $l\ Q_{IV}\ ld$ ) и озерно-аллювиальные отложения ( $la\ l\ Q_{IV}$ ).

Отложения ладожской трансгрессии развиты на обширной равнине древнеладжской террасы, которая прилегает к западному берегу Ладожского озера. В литологическом отношении эти отложения представлены мелкозернистыми и среднезернистыми песками, местами с прослоями гравия и галечника. В песчаных отложениях наблюдается характерная для них косоволнистая, асимметрично-вогнутая (мульдообразная), разнонаправленная перекрестная слоистость, являющаяся следствием формирования этих отложений в водных бассейнах под действием волнения, направление которого менялось с изменением направ-

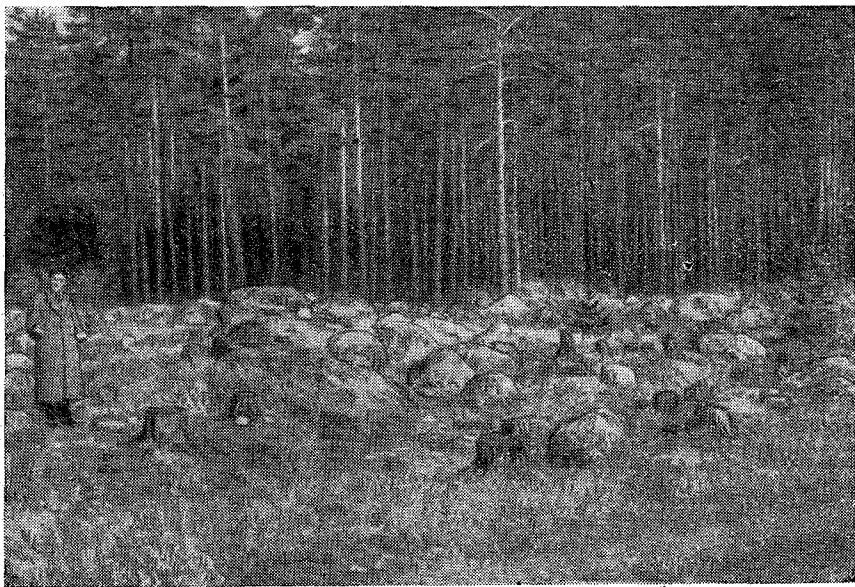


Рис. 5. Валунно-галечные образования береговой зоны древнеладжской трансгрессии

ления ветра. На поверхности террасы часто наблюдаются древние береговые валы, вытянутые параллельно современному берегу Ладожского озера. Береговые образования у подножия абразионных уступов флювиогляциальной равнины выражены скоплением валунов, являющихся остатками перемытой морены (рис. 5). Все эти данные подтверждают озерное происхождение описываемых отложений. Осадки ладожской трансгрессии залегают на морене или на докембрийских породах, обработанных ледником (рис. 6). Их мощность изменяется от 2 до 10 м.

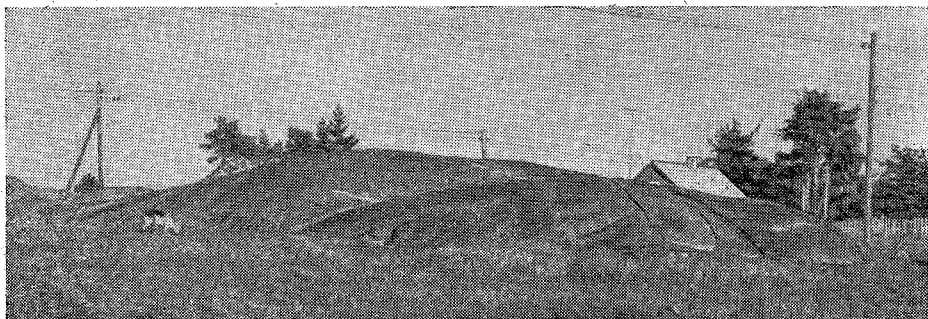


Рис. 6. Бараний лоб из серых гранитов, выступающий на древнеладожской террасе.

Озерно-аллювиальные отложения покрывают вуоксинскую террасу, подымающуюся над урезом речных протоков и озерных расширений. В литологическом отношении они представлены различными породами общей мощностью 5 м. Наибольшим распространением среди них являются мелкозернистые и пылеватые пески с прослоями суглинков, глин, гравия и галечников.

## 2. Гидрогеологические условия

Вуоксинская низина, как и весь Карельский перешеек, находится в зоне избыточного увлажнения, имеет изобилие поверхностных вод и вместе с этим является бедной в отношении подземных вод. Б. Н. Архангельский (1960) относит ее к районам, необеспеченным подземными водами. Бедность и необеспеченность подземными водами данного района является следствием особенностей его геолого-геоморфологического строения и отсутствием крупных коллекторов, обеспечивающих скопления подземных вод. Крупнообломочные рыхлые четвертичные отложения имеют здесь прерывистое распространение и сравнительно небольшую мощность, а в подстилающих докембрийских кристаллических образованиях верхняя трещиноватая зона выветривания либо вовсе отсутствует, либо имеет небольшую мощность и встречается локально.

Исходя из геологического строения и характера распространения подземных вод, в пределах Вуоксинской низины можно выделить три водоносных комплекса: 1) водоносный комплекс четвертичных отложений; 2) водоносный комплекс верхнепротерозойских кварцито-песчаников и 3) водоносный комплекс нижнепротерозойских кристаллических пород.



В комплексе четвертичных отложений с учетом их стратиграфического подразделения литологического состава и распространения можно выделить три водоносных горизонта: в озерно-ледниковых, флювиогляциальных и ледниковых отложениях.

Водоносный горизонт озерно-ледниковых отложений развит и изучен в пос. Кузнечном. Здесь озерно-ледниковые ленточные глины мощностью до 12 м имеют прослой мелкозернистых ленточных песков мощностью 0,1—0,4 м, которые в разрезах составляют 40%. Наличием песчаных прослоев и обусловлена водоносность ленточных глин. Ленточные глины с прослоями песков залегают в понижениях рельефа непосредственно на докембрийских кристаллических породах. Обводнение песчаных прослоев в глинах наблюдается в наиболее низких частях, а в их краевых повышенных частях эти породы безводны.

По условиям залегания и распространения этот водоносный горизонт относится к типу пластово-поровых безнапорных грунтовых вод. Глубина его залегания определяется условиями рельефа и глубиной залегания песчаных прослоев, она изменяется от 0,5 до 10 м.

Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков, стекающих со склонов холмов и гряд, сложенных кристаллическими породами. Этот горизонт дренируется долинами ручьев, прорезающих толщу ленточных глин; кроме того, разгрузка вод происходит в озерные впадины. Большинство колодцев пос. Кузнечного питаются водами данного горизонта. Дебит колодцев небольшой (от 0,3 до 0,2 л/сек). Вода пресная, ее минерализация незначительная (от 80,53 до 231,9 мг/л). Однако ионный состав солей непостоянный. Анализы вод из трех колодцев показали, что воды из этих колодцев можно отнести к различным классам: хлоридно-гидрокарбонатному, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатному и сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатному. Все воды относятся к сложной натриево-кальциево-магниево-группе. Характерно, что общая минерализация и ионный состав изменяются на небольшом расстоянии. Это свидетельствует о том, что воды в ленточных глинах являются застойными. Бактериологические анализы показали очень низкий коли-титр воды в колодцах: от 0,4 до 10.

Водоносный горизонт в флювиогляциальных отложениях в поселках Лесогорском, Мельниково и Кузнечном связан с озовыми грядами, а в г. Приозерске с водноледниковой равниной.

Флювиогляциальные отложения во всех обследованных пунктах залегают на кристаллических породах и открыты с поверхности. Их мощность непостоянна и зависит от рельефа подстилающих пород и рельефа поверхности. Так, в пос. Лесогорском они вскрыты скважинами до глубины 30 м, в пос. Мельниково до глубины 11 м, в пос. Кузнечном карьерами вскрыта полная мощность, равная 40 м, и в г. Приозерске видимая мощность этих отложений достигает 30 м. Можно полагать, что на самых высоких частях озовых гряд мощность флювиогляциальных отложений во всех обследованных пунктах достигает не менее 40 м.

Литологический состав флювиогляциальных отложений отличается значительным разнообразием и быстрой изменчивостью по простиранию и по глубине. Однако в их составе преобладают грубозернистые разности обломочных пород: разномелкозернистые, крупнозернистые и гравелистые пески, гравий, галечники и валунно-галечные образования. Слои глинистых и пылеватых пород имеют подчиненное значение.

Водоносный горизонт флювиогляциальных отложений, по условиям залегания и распространения, относится к типу пластово-поровых безнапорных грунтовых вод. Глубина залегания зеркала этого горизонта зависит от рельефа поверхности. Так, у подножия склонов озовых гряд она не превышает 1 м, а на водоразделах достигает 20—25 м и более.

Питание этого водоносного горизонта происходит непосредственно из атмосферных осадков.

Области питания в обследованных местах почти полностью совпадают с областями распространения. Подножия склонов озовых гряд и долины рек, прорезающие их, являются областями разгрузки вод этого водоносного горизонта. Так, воды озовой гряды пос. Лесогорского дренируются долиной р. Вуоксы, у подножия северо-восточного склона озовой гряды пос. Кузнечного воды выходят на поверхность в виде многочисленных источников, стекающих в ниже расположенный ручей, а воды флювиогляциальной равнины у г. Приозерска образуют у подножия абразионного уступа мочажины, заболоченные участки и источники.

Мощность водосодержащих пород описываемого водоносного горизонта определяется характером рельефа подстилающего их водоупора и рельефом поверхности озовых гряд. В пос. Лесогорском в нескольких скважинах водосодержащие породы пройдены на всю мощность, последняя варьирует от 1 до 15 м, а в одной из скважин она свыше 30 м. Исходя из аналогии геологических условий, можно для всех обследованных мест принять среднюю величину мощности водоносного горизонта 15—20 м.

Грубозернистые породы данного водоносного горизонта обладают значительной водообильностью, о чем свидетельствуют пробные откачки из отдельных скважин и колодцев, а также измерение расходов ряда источников. Источники, выходящие у подножия абразионного уступа флювиогляциальной равнины у г. Приозерска, сливаются в три самостоятельных ручья, текущих к западу, юго-западу и югу.

Воды флювиогляциальных отложений пресные с общей минерализацией, не превышающей 100—150 мг/л. По ионному составу преобладают воды гидрокарбонатного класса кальциево-магниевого группы. Вдали от строений воды в этих отложениях чистые, коли-титр обычно больше 300. Вблизи населенных пунктов и промышленных предприятий происходит значительное загрязнение воды: в ее составе появляются нитраты, а коли-титр становится меньше 10.

Водоносный горизонт ледниковых отложений формируется в моренных образованиях и не имеет сплошного распространения.

Водоносность моренных отложений отражает особенности их распространения, литологического состава и строения. В морене отсутствует единый водоносный горизонт, и ее обводненность является прерывистой. Этот водоносный горизонт формируется в песчано-гравийных и галечных линзах, залегающих внутри толщи валунных суглинков и глин, а также в морене, где она выражена валунными песками и супесями. По особенностям залегания и распространения воды ледниковых отложений относятся к типу верховодки, а в тех местах, где они залегают в нижней части моренной толщи и связаны с ее песчаной разнородностью, могут быть отнесены к типу грунтовых безнапорных вод. В поселках Лесогорском и Мельниково воды в морене вскрыты на глубине 1—7 м, а в г. Приозерске на глубине 0,2—2,5 м. Питание вод моренных отложе-

ний осуществляется за счет атмосферных осадков, что подтверждается резкими сезонными колебаниями глубины их залегания. Подъем их уровня происходит в период весеннего снеготаяния (апрель — май), а максимальное понижение приходится на конец зимы (февраль — март). Амплитуда колебания глубин залегания в течение года достигает 1—1,5 м.

Водообильность и водоотдача ледниковых отложений очень низкие. Это объясняется значительным содержанием пылеватых фракций, определяющих водно-физические свойства этих пород. Определение дебита шахтных колодцев, заложенных в морене, показало, что приток воды менее 0,01 л/сек.

Воды в колодцах обследованных пунктов пресные, однако очень разнообразны по количеству содержания растворимых солей. Их общая минерализация колеблется от 65,0 до 700 мг/л. По ионному составу преобладают воды гидрокарбонатного класса, магниево-кальциево-натриевой группы. Эти воды повсеместно загрязнены; их коли-титр менее 0,4, содержание азотистых соединений в них достигает от 4,0 до 75 мг/л.

Водоносный комплекс верхнепротерозойских кварцито-песчаников в пределах Вуоксинской низины вскрыт буровыми скважинами в поселках Бруснички и Моторном, южнее и юго-восточнее в 10—12 км от г. Приозерска, на глубинах соответственно 83,7 и 135,0 м. В кровле водоносного комплекса залегает толща предледниковых ленточных глин мощностью 50—60 м, которая изолирует его от четвертичного водоносного комплекса в указанных местах. Полная мощность кварцито-песчаников в исследованном районе остается неизвестной. В пос. Бруснички по водоносным породам комплекса пройдено 166,14 м, т. е. до глубины 249,84 м. Уровень воды водоносного горизонта, вскрытый на глубине 83,7 м, поднялся до глубины 16,5 м. Величина напора достигает 66,95 м.

Опытной откачкой при понижении уровня на 6,76 м установлен удельный дебит, равный 0,177 л/сек. Вода этого горизонта пресная с сухим остатком около 500 мг/л и жесткостью 2—3 мг-экв, без цвета, запаха и вкуса, температура 8°С. В санитарно-гигиеническом отношении вода имеет хорошие качества, коли-титр больше 333.

Водоносный комплекс нижнепротерозойских кристаллических пород практического значения не имеет.

Данные предыдущих исследований, подтвержденные нашими наблюдениями, показали, что в данном районе дочетвертичная зона выветривания кристаллических пород удалена ледниковым выпахиванием. Зона выветривания послеледниковое время развита слабо: она наблюдается только на обнаженных возвышенностях кристаллических пород и прослеживается на глубину до 5 м. Глубже развиты только первично-тектонические трещины, размеры которых близки к капиллярам. Такие трещины относительно редко рассекают породы и обладают малой водопроницаемостью. Слаборазвитой трещиноватостью и объясняется маловодность или полное отсутствие подземных вод трещинного типа в кристаллических породах данного района. Все эти положения подтверждаются отсутствием выходов источников из кристаллических пород почти на всей обследованной площади. Лишь единичные источники из гранитов встречены в долине р. Вуоксы у пос. Лесогорского. Ряд буровых скважин на воду (в поселках Лесогорском, Мельниково и Богатырево), пробуренные в кристаллических породах до глубины 100—

200 м, оказались безводными или маловодными. В нескольких скважинах удельный дебит при понижении уровня до 15—20 м оказался не более 0,01—0,04 л/сек. Ни одна из них не передана в эксплуатацию.

### **3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации к их рациональному использованию**

В пределах Южной Карелии и Карельского перешейка, несмотря на благоприятные соотношения осадков и испарения (600—300 мм), эксплуатационные возможности водоносных горизонтов весьма ограничены.

Объясняется это, с одной стороны, невысокой водопроницаемостью водовмещающих пород и небольшой крайне изменчивой мощностью их, а с другой стороны, значительным развитием гидрографической сети в виде порожистых, с быстрым течением рек и мелких рек, а также наличием большого количества озер, дренирующих водоносные горизонты.

По литературным данным модули подземного стока здесь колеблются в пределах 1—2 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, причем наиболее высокие модули наблюдаются в местах распространения мощных толщ песчано-галечных накоплений.

Величина слоя подземного стока изменяется для большей части рассматриваемой территории от 30 до 60—70 мм, а для подземного стока по отношению к общему стоку не превышает 10—20%.

Общий коэффициент подземного стока колеблется от 5 до 10% количества атмосферных осадков.

Рассматривая водообильность отдельных типов водовмещающих пород, следует отметить, что наиболее водообильными являются водоносные горизонты, приуроченные к песчано-гравелистым флювиогляциальным отложениям. Эти отложения встречаются как в виде обширных выравненных полей, так и в виде линейновытянутых гряд (озы).

Удельные дебиты скважин, эксплуатирующих воды озовых грубо-зернистых накоплений, нередко достигают 1 л/сек и более при мощности водоносной толщи до 10 м и более. Нередко встречаются у подножия озовых гряд источники с дебитом до 1 л/сек и более.

Все это позволяет считать водоносные горизонты, приуроченные к флювиогляциальным отложениям, наиболее перспективными для получения значительных количеств подземных вод для водоснабжения.

Значительно менее водообильны водоносные горизонты, приуроченные к песчано-глинистым отложениям ледникового и послеледниковой генезиса. Дебиты источников, выходящих из этих отложений, а также удельные дебиты скважин измеряются сотыми, реже десятными долями литра в секунду.

Так же маловодообильны водоносные горизонты, приуроченные к зоне распространения трещин выветривания кристаллических пород. Скважины, эксплуатирующие эти воды, обычно малодебитны или даже безводны.

На основе этих общих положений о водообильности водоносных горизонтов и по данным обследования существующих колодцев, скважин и источников в районе пос. Лесогорского заслуживает внимания только водоносный горизонт, приуроченный к толще флювиогляциальных отложений, слагающих озовые гряды.

Все остальные водоносные горизонты, приуроченные как к четвертичным отложениям, так и к зоне трещин выветривания кристаллических пород имеют неудовлетворительные качественные и количественные характеристики и поэтому не могут быть использованы для централизованного водоснабжения.

Учитывая отсутствие в разрезе четвертичных отложений надежных и выдержанных водоупоров, следует полагать, что все водоносные горизонты гидравлически связаны между собой. Однако выделение вод, приуроченных к флювиогляциальным отложениям, в качестве наиболее надежного источника водоснабжения может быть обосновано, с одной стороны, высокими фильтрационными свойствами озовых отложений, а с другой, значительной протяженностью озовых гряд, которые, как подземные коллекторы, могут собирать воды с обширных территорий.

По данным обследования существующих колодцев и скважин выяснено, что отложения озовых гряд характеризуются пестрым литологическим составом от ленточных глин и супесей в верхней части разреза до разнородных, с гравием, валунами и гальками песков в нижней части. При этом невыдержанность литологических разностей наблюдается не только по вертикальному разрезу, но и в горизонтальном направлении. В соответствии с изменчивостью литологического состава пород в широких пределах варьирует и водопроницаемость их, а следовательно, и дебиты существующих колодцев и скважин. Кроме того, грядовый характер флювиогляциальных накоплений обуславливает различную глубину залегания уровня подземных вод. Так в колодцах, заложенных у подножья гряд, уровень воды находится почти у поверхности, а в скважинах, пробуренных на вершинах гряд, уровень воды располагается на глубинах 12—14 м.

По данным опытных откачек из скважин коэффициенты фильтрации флювиогляциальных отложений изменяются от 0,3 до 27 м/сутки, а удельные дебиты скважин соответственно от 0,03 до 2,0 л/сек (от 2,5 до 172 м<sup>3</sup>/сутки).

Такой значительный диапазон изменений коэффициентов фильтрации и удельных дебитов скважин свидетельствует о весьма пестром литологическом составе пород, слагающих озовые гряды района пос. Лесогорского.

В результате изучения фондовых материалов и полевого обследования естественных и искусственных выходов подземных вод были разработаны рекомендации для улучшения и оздоровления водоснабжения пос. Лесогорского. В рекомендациях предусматривается устройство самостоятельных систем централизованного водоснабжения для поселка с использованием водоносного горизонта, приуроченного к флювиогляциальным отложениям.

Для пос. Лесогорского предложено пробурить три разведочно-эксплуатационные скважины вдоль левого берега р. Вуоксы, в пределах полосы распространения флювиогляциальных отложений.

При производстве бурения разведочно-эксплуатационных скважин необходимо учитывать пестроту литологического состава флювиогляциальных отложений, в связи с чем, возможно, не каждая скважина может дать удельный дебит до 1 л/сек. В качестве общих поисковых признаков рекомендуется при выборе места заложения скважин ориентироваться на ядро озовой гряды, нижняя часть которого, как правило, сложена более крупнозернистыми породами и более водообильными.

Геологические и гидрогеологические условия района поселков Мельниково и Кузнечного по существу ничем не отличаются от рассмотренного района пос. Лесогорского. Учитывая это обстоятельство, а также отсутствие в этом районе буровых скважин и данных опытных опробований водоносных горизонтов, выводы о возможных источниках водоснабжения этих поселков сделаны на основе материалов краткого гидрогеологического обследования их окрестностей с использованием метода аналогий.

Наиболее водообильными в окрестностях поселков Мельниково и Кузнечного являются флювиогляциальные отложения, слагающие озовые гряды, вытянутые с северо-запада на юго-восток. В районе пос. Мельниково такая гряда протягивается вдоль западной границы поселка высотой 7—10 м над окружающей равниной. Гряда эта сложена разнозернистыми песками с включением гравия, галек и валунов, вскрытая мощность которых у края гряды достигает 11 м. В районе пос. Кузнечного озовая гряда больших размеров, протягивается от пос. Богатырево до оз. Окуневое. Длина гряды более 5 км, а изменчивая ширина ее достигает 1—2 км. Представлены флювиогляциальные отложения разнозернистыми песками с гравием и гальками, а в ряде гряды валунно-галечным материалом.

На водообильность озовых отложений указывают выходы источников с дебитом до 1 л/сек, а также данные кратковременных откачек из карьерных котлованов и колодцев. Одна из таких откачек проведена из колодца, предназначенного для водоснабжения рудничных паровозов. Объем воды в колодце составляет  $22,5 \text{ м}^3$  ( $5 \times 3 \times 1,5$ ) и, как указывалось выше, после откачки до дна колодца этот объем восстанавливается за 2,5 часа, что показало средний приток в колодец около 2,5 л/сек ( $216 \text{ м}^3/\text{сутки}$ ). Коэффициент фильтрации водоносного горизонта приближенно определен в размере 24 м/сутки.

Учитывая приближенный характер данных краткого полевого обследования района поселков Мельниково и Кузнечное, для характеристики водообильности флювиогляциальных отложений были использованы расчетные нормы подземного стока, полученные ВНИГЛ.

Для аналогичных песчано-гравийных четвертичных отложений в упомянутой лаборатории с 1951 по 1961 г. установлен следующий режим питания водоносного горизонта: в весенний период за счет таяния снега и осадков инфильтрация составляет 80—90%; в летний период инфильтрация осадков не наблюдается в связи с большим испарением; в осенний период инфильтрация достигает 50% суммы осадков.

На основании сопоставления этих данных с условиями увлажнения в районе Вуоксинской низины можно полагать, что не менее 200 мм слоя осадков поступает в год на пополнение водоносного горизонта, приуроченного к флювиогляциальным, песчано-гравелистым отложениям озовых гряд. Эти соображения позволяют определить модуль подземного стока в рассматриваемых отложениях в размере 6 л/сек км<sup>2</sup>.

Принимая приближенно площадь распространения флювиогляциальных отложений как в районе пос. Мельниково, так и пос. Кузнечного в размере около 7 км<sup>2</sup>, можно оценить средний расход потока, приуроченного к озовым отложениям в размере около 40 л/сек, или  $3456 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .

Приведенные данные о водообильности озовых отложений не будут преувеличенными, если учитывать, что вытянутые в длину озовые гряды,

в связи с высокой водопроницаемостью песчано-гравелистых пород, являются как бы подземными коллекторами грунтовых вод, приуроченных к песчано-глинистым отложениям, примыкающим к озам и гидравлически связанных с ними. Поэтому площадь питания флювиогляциального потока, по-видимому, больше, чем принята для расчета, а, следовательно, расход его должен быть больше, чем получен по приведенным расчетам.

Для улучшения и оздоровления водоснабжения поселков Мельниково и Кузнечного составлены проекты разведочно-эксплуатационных скважин. Скважины рекомендуется располагать по гребню озовых гряд. По аналогии с сопредельными районами скважины, эксплуатирующие водоносный горизонт, приуроченный к флювиогляциальным отложениям, должны дать дебиты до  $400 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Учитывая потребности в воде поселков Мельниково и Кузнечного, рекомендовано заложить на их территории по три скважины, суммарный дебит которых будет достаточен для покрытия потребности в воде.

На территории г. Приозерска и ближайших окрестностей надежных разведанных и опробованных водоносных горизонтов нет. Первый от поверхности водоносный горизонт, приуроченный к песчано-глинистой толще ледниковых и послеледниковых отложений, используется в городе многочисленными колодцами индивидуального пользования. Однако для централизованного водоснабжения этот горизонт непригоден ввиду его маломощности, слабой водопроницаемости водоносных пород и загрязненности воды в нем.

Рекогносцировочные изыскания новых источников водоснабжения, проведенные в 1962 г. в окрестностях г. Приозерска, установили значительную водообильность флювиогляциальных отложений, распространенных в непосредственной близости от северной границы города и, кроме того, наличие напорных вод, приуроченных к толще верхнепротерозойских кварцито-песчаников, в 10 км к югу от г. Приозерска, в пос. Бруснички.

Водоносный горизонт, приуроченный к флювиогляциальным отложениям, совершенно не разведан и не опробован, ввиду чего предварительная оценка его водообильности может быть дана только на основе данных рекогносцировочных наблюдений и по аналогии с подобными участками, разведанными в других районах.

По разрезу обнажений высотой до 25 км в карьере, расположенном в пределах распространения флювиогляциальных отложений, последние представлены крупнозернистыми песками с большим количеством гравия и гальки. В таких породах, по данным ВНИГЛ, коэффициент инфильтрации атмосферных осадков достигает 0,30—0,35, что позволяет определить модуль подземного стока для всей зоны распространения флювиогляциальных отложений в размере около  $6 \text{ л/сек км}^2$ . Площадь этой зоны, по визуальным наблюдениям, составляет около  $6 \text{ км}^2$ , так что естественные динамические ресурсы этого горизонта составляют около  $36 \text{ л/сек}$ , или около  $3100 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .

Приведенные расчеты в значительной мере подтверждаются данными рекогносцированных наблюдений, из которых можно отметить следующие. В южном и в восточном направлении из флювиогляциальных отложений вытекают три постоянно действующих ручья, которые по замерам 10 июня 1962 г. имели суммарный расход около  $15 \text{ л/сек}$ , что составляет почти половину естественно-динамических ресурсов водо-

носного горизонта, полученных по расчетам модуля подземного стока. Кроме того, весь уступ возвышенного участка, сложенного флювиогляциальными отложениями, при переходе его в ладожскую террасу окаймлен зоной интенсивного заболачивания, которая является областью разгрузки рассматриваемого водоносного горизонта.

Таким образом, по данным предварительных наблюдений можно сделать вывод о значительной водообильности флювиогляциальных отложений в окрестностях г. Приозерска. Однако окончательные выводы о возможности использования этого горизонта для централизованного водоснабжения города, очевидно, можно будет сделать только после производства разведочного бурения и опробования скважин опытными откачками.

В отношении напорного водоносного горизонта, приуроченного к толще кварцито-песчаников верхнего протерозоя, как упомянуто выше, его распространение установлено только в 10 км к югу от г. Приозерска в пос. Бруснички на глубине 83,7 м и в 12 км к юго-востоку в пос. Моторном на глубине 135 м. Пройденная мощность кварцито-песчаников составляет 166,14 м (с глубины 83,70 до 249,84 м), а напор воды достиг 66,20 м над кровлей горизонта. Однако, несмотря на столь значительную мощность горизонта и большой напор, дебит скважины при понижении уровня на 6,76 м определен откачкой в размере 1,2 л/сек (1037 м<sup>3</sup>/сутки). При увеличении понижения уровня воды в 2 раза, очевидно, можно будет получить из скважины не менее 2000 м<sup>3</sup>/сутки. На основании этого можно сделать вывод о сравнительно невысокой водообильности и водопроницаемости пород этого горизонта. Тем не менее, учитывая хорошее качество воды и стабильный дебит такого глубокого горизонта, его следует также иметь в виду в качестве возможного источника централизованного водоснабжения г. Приозерска. Однако окончательные выводы по этому вопросу можно будет сделать только после производства разведочно-буровых и опытно-фильтрационных работ, которые позволят не только конкретизировать водообильность этого водоносного горизонта, но и установить насколько близко к г. Приозерску подходит северная граница распространения кварцито-песчаников.

---



### III. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КЕМБРИЙСКОЙ НИЗИНЫ

#### 1. Геолого-геоморфологические особенности

Кембрийская низина один из геоморфологических районов, наиболее ясно выраженных в рельефе северо-западного края плиты Русской платформы. Она представляет собой террасированную низменную равнину, сформированную аккумулятивно-абразионной деятельностью в одну из стадий Балтийского ледникового озера. В восточной и северо-восточной частях на равнине выступает ряд камовых холмов со сложным внутренним расчлененным рельефом, склоны которых на значительном протяжении абрадированы озерно-ледниковым бассейном. Кембрийская низина сформировалась в полосе развития относительно легко поддающихся денудации нижнекембрийских песчаных и глинистых толщ. На севере границей низины является поднятие центральной части Карельского перешейка, а на юге ее граница резко выражена уступом (глинтом), который представляет собой куэстовую гряду, образовавшуюся в граничной полосе выходов на поверхность более устойчивых пород — ордовикских известняков.

В геологическом строении здесь участвуют докембрийские образования и четвертичные отложения.

Докембрийские образования представлены породами, слагающими кристаллический фундамент плиты и слабометаморфизованными верхнепротерозойскими отложениями.

В пределах г. Всеволожского кристаллический фундамент не вскрыт бурением. Ближайшие пункты вскрытия фундамента: в пос. Кузьмолово, в 17 км западнее г. Всеволожского фундамент вскрыт на глубине 204 м, в пос. Агалатово, в 34 км севернее — на глубине 227,5 м, в пос. Рахья, в 5—6 км к востоку — на глубине 210,15 м, в пос. Колтуши, в 19 км южнее — на глубине 276,8 м. На основании приведенных данных можно полагать, что в г. Всеволожском кристаллический фундамент залегает на глубине около 200 м от поверхности.

Верхнепротерозойские отложения несогласно перекрывают породы кристаллического фундамента и по своему литологическому составу разделяются на два горизонта: гдовский горизонт ( $Pt_3 gd$ ) и котлинский горизонт ( $Pt_3 kt$ ).

Гдовский горизонт представлен мелкозернистыми, реже среднезернистыми песчаниками, переслаивающимися с алевролитами, а местами с аргилитами. В основании горизонта залегают гравийные конгломераты и среднезернистые песчаники, содержащие рассеянные гальки или прослои конгломератов. Мощность конгломератов от 3,0 до 10,0 м, а общая мощность гдовского горизонта в г. Всеволожском 90 м. В северном направлении мощность этого горизонта уменьшается; так, в

районе ст. Сосново она равна 60 м. К востоку и югу мощность увеличивается и в районе г. Гатчины достигает 120 м.

Котлинский горизонт состоит из толщи тонко-горизонтально слоистых зеленовато-серых глин с прослоями мелкозернистых песчаников и алевроитов, в которых часто встречаются пленки, подобные водорослям ламинарии. В г. Всеволожском мощность ламинаритовых глин составляет около 80 м и залегают они на глубине от 40 до 60—70 м, непосредственно под четвертичными отложениями.

Четвертичные отложения мощностью от 40 до 85 м и более залегают на размытой поверхности ламинаритовых глин котлинского горизонта.

Четвертичная система выражена неполным верхним и современным отделами. Здесь выделяется три ледниковых горизонта калининского, валдайского (осташковского) и карельского оледенений. Достоверно установлено наличие только одного, мгинского, межледникового горизонта. Между моренами валдайского и калининского оледенений отложения молодого-шекснинского межледниковья в исследуемом районе не выделены.

В настоящей работе схема стратиграфического подразделения четвертичных отложений принята по П. И. Апухтину. Эта схема разработана им для района г. Всеволожского (табл. 4).

Калининский ледниковый горизонт ( $glQ_{II_2} kln$ ) представлен морской, образование которой связано с калининским оледенением. Отложения этого горизонта сохранились только в отдельных местах. Они вскрыты двумя скважинами: на ул. Волковской (скв. № 4) и близ ст. Мельничий Ручей (скв. № 39), соответственно на глубинах 51,0 и 82,0 м. В обоих местах морена покрывается флювиогляциальными образованиями ранней фазы валдайского оледенения. Подстилающие породы не вскрыты. Морена представлена серыми суглинками с включением гравия, гальки и валунов. Вскрытая мощность суглинков достигает 3 м.

Валдайский (осташковский) ледниковый горизонт ( $Q_{III} vd$ ) имеет широкое распространение и вскрыт многими скважинами. В данном горизонте выделяются: раннеледниковые — озерно-ледниковые и флювиогляциальные образования; ледниковые отложения и позднеледниковые — озерно-ледниковые отложения.

Озерно-ледниковые (раннеледниковые) отложения ( $lglQ_{III} vd$ ) вскрыты тремя скважинами: на ул. Крыловской (скв. № 27), на проспекте Некрасова (скв. № 49), в доме отдыха «Бернгардовка» (скв. № 31), на глубине от 48 до 60 м. В скважине № 49 эти отложения залегают на ламинаритовых глинах верхнего протерозоя. По данным всех трех скважин в их кровле залегает морена валдайского оледенения. Озерно-ледниковые отложения представлены ленточными глинами и пылеватыми мелкозернистыми песками, в которых встречаются местами прослой гравия. В скв. № 49 их общая мощность 1,5 м, а в скв. № 27 вскрытая мощность достигает 5,5 м.

Флювиогляциальные отложения ( $fglQ_{III} vd$ ) вскрыты рядом скважин: на ул. Волковской (скв. № 4), в районе Мельничий Ручей (скв. № 16, 22, 23) и на ул. Волховской (скв. № 39). Данные отложения залегают на глубине от 43,6 до 69,5 м, и подстилаются либо ламинаритовыми глинами, либо мореной калининского оледенения. В кровле их залегает морена валдайского оледенения.

Таблица 4

## Стратиграфическое подразделение четвертичных отложений

| Отделы               | Горизонты                                              | Индексы                      | Генетические типы отложений                                                 |                            |
|----------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Современный<br>отдел |                                                        | $pQ_{IV}$                    | болотные                                                                    |                            |
|                      |                                                        | $alQ_{IV}$                   | аллювиальные                                                                |                            |
|                      |                                                        | $lQ_{IV}$                    | озерные                                                                     |                            |
| Верхний отдел        | Карельский<br>ледниковый<br>горизонт                   | $lgIQ_{III_4}b_1$            | озерно-ледниковые (отложе-<br>ния Балтийского ледниково-<br>го озера)       |                            |
|                      |                                                        | $lgIQ_{III}krlkam$           | озерно-ледниковые (отложе-<br>ния внутриледниковых озер,<br>слагающих камы) |                            |
|                      |                                                        | $fgIQ_{III_4}krl$            | флювиогляциальные                                                           |                            |
|                      |                                                        | $glQ_{III_4}krl$             | морена                                                                      |                            |
|                      |                                                        | $fgIQ_{III_4}krl$            | флювиогляциальные                                                           |                            |
|                      |                                                        | $lgIQ_{III_4}krl$            | озерно-ледниковые                                                           |                            |
|                      | Мгинский межледнико-<br>вый горизонт                   | $mQ_{3-4}mg$                 | морские                                                                     |                            |
|                      | Валдайский. (Осташков-<br>ский) ледниковый<br>горизонт | $lgIQ_{III_3}vd$             | озерно-ледниковые                                                           | поздне-<br>леднико-<br>вые |
|                      |                                                        | $glQ_{III_3}vd$              | морена                                                                      |                            |
|                      |                                                        | $fgIQ_{III_3}vd$             | флювиогляциальные                                                           |                            |
|                      |                                                        | $lgIQ_{III_3}vd$             | озерно-ледниковые                                                           | ранне-<br>леднико-<br>вые  |
|                      | Молого-Шекснинский<br>межледниковый<br>горизонт        | установлен в смежных районах |                                                                             |                            |
|                      | Калининский леднико-<br>вый горизонт                   | $glQ_{III_2}kln$             | морена                                                                      |                            |

Учитывая возраст подстилающих и покрывающих пород, следует полагать, что флювиогляциальные образования в районе г. Всеволожского по простиранию замещаются озерно-ледниковыми отложениями ранней фазы валдайского оледенения. Флювиогляциальные отложения представлены разномерными и крупномерными песками с гравием и гальками, в которых местах залегают линзовидные прослой суглинков и супесей. Мощность этих отложений изменяется от 6 до 12,5 м, а в скв. № 23 она превышает 27,0 м.

Ледниковые отложения (морена) валдайского оледенения ( $gl Q_{III}, vd$ ) вскрыты 18 скважинами, вдоль линии железной дороги и в южной части города, на глубине от 27,5 до 65,0 м. Отложения морены залегают на озерно-ледниковых или флювиогляциальных образованиях или на ламинаристых глинах верхнего протерозоя, а перекрываются флювиогляциальными или озерно-ледниковыми отложениями конца валдайского оледенения или начала карельского оледенения. В скв. № 49 эта морена перекрывается морскими глинами мгинского межледникового времени, а в ряде мест (скв. № 30, 40, 46 и др.) она залегает непосредственно под мореной карельского оледенения. По составу морена довольно однообразная и представлена серыми пылеватыми валунными суглинками мощностью от 1,6 до 22,5 м, а в скв. № 42, у ж.-д. ст. Бернгардовка мощность их превышает 29,8 м.

Озерно-ледниковые отложения ( $lgl Q_{III}, vd$ ), образовавшиеся в конце валдайского оледенения, вскрыты в Бернгардовке на ул. Каховской (скв. № 42), на ул. Комсомола (скв. № 27), на ул. Некрасова (скв. № 47) и в Щегловке (скв. № 6) на глубине от 14,2 до 46,0 м. Они покрыты глинами мгинского межледникового (скв. № 6 и № 42) или мореной карельского оледенения (скв. № 47), а подстилаются мореной валдайского оледенения (скв. № 27, 42 и 47). Эти отложения представлены серыми мелкозернистыми пылеватыми песками с маломощными прослоями среднезернистых песков. Общая мощность мелкозернистых песков составляет 1,5—26,3 м.

Мгинский межледниковый горизонт ( $m Q_{III}, mg$ ), имеющий привистое распространение, вскрыт скважинами (№ 6, 7, 24, 27, 39, 42, 49) на глубине от 26,3 до 46,5 м. Межледниковые отложения образовались в мелководном море и представлены тонкослоистыми глинами пестрой окраски, с включением раковин моллюсков. В скважине № 7 в глинах пройден прослой ракушняка. Общая мощность межледниковых отложений составляет 1,0—6,0 м.

Озерно-ледниковые отложения ранней фазы карельского оледенения ( $lgl Q_{III}, kg l$ ) имеют довольно значительное распространение; они вскрыты в западной, северо-восточной, центральной и южной частях г. Всеволожского 10 скважинами на глубине от 11,6 до 38,0 м. Их подстилают или морена валдайского оледенения или глины мгинского межледникового (скв. № 7, 24 и 27), а перекрывают — флювиогляциальные образования или морена ранней фазы последнего оледенения (скв. № 25 и 26). Озерно-ледниковые отложения представлены мелкозернистыми пылеватыми песками и супесями (скв. № 19). Реже они выражены серыми ленточными глинами с прослоями разномерных или мелкозернистых песков (скв. № 25, 43, 44). В основании разреза рассматриваемых образований часто развиты разномерные пески с гравием и гальками (скв. № 19, 25, 44). Общая мощность озерно-ледниковых отложений от 4,0 до 25,9 м.

Флювиогляциальные отложения ранней фазы последнего оледенения ( $f\ gl\ Q_{III}, kgl$ ) вскрыты по всей площади города на глубинах от 17 до 58 м. В основании их залегают или морена валдайского оледенения (скв. № 18, 22, 31, 33, 34, 41), или глины мгинского межледниковья, или озерно-ледниковые образования ранней фазы карельского оледенения (скв. № 6, 39, 42 и 17, 25, 26). Перекрывает флювиогляциальные отложения всюду морена последнего оледенения. Эти отложения представлены разнозернистыми и пылеватыми песками с гравием и гальками. В западной части городской территории они замещаются галечниками с прослоями разнозернистых песков и серых глин. Мощность рассматриваемых образований изменяется от 1,0 до 19,0 м, а обычно она около 3 м.

Ледниковые отложения (морена) карельского оледенения ( $gl\ Q_{III}, krl$ ) развиты почти повсеместно в пределах обследованной территории. Они выходят на поверхность в районе Щегловки и на проспекте Гоголя, а в остальных местах залегают на глубине от 1 до 40,5 м. Рассматриваемые отложения подстилаются чаще всего озерно-ледниковыми и флювиогляциальными образованиями ранней фазы карельского оледенения. Морена карельского оледенения представлена бурыми и серыми валунными суглинками, в которых встречаются линзы песка и гравия. Мощность морены изменяется от 1,5 до 42,7 (скв. № 43 и 34), а наиболее часто она достигает 8—16,0 м.

Флювиогляциальные отложения поздней фазы карельского оледенения ( $f\ gl\ Q_4, krl$ ) развиты в северо-западной центральной и юго-восточной частях территории г. Всеволожского, где они образуют полосу шириной 2—2,5 км, имеющей протяжение с юго-востока на северо-запад. Эти отложения у юго-западного подножия Румболовской возвышенности вскрыты карьерами, а в пределах отмеченной полосы — 15 скважинами на глубинах от 2,8 до 39,0 м. Залегают флювиогляциальные отложения на морене карельского оледенения, а перекрываются камовыми и озерно-ледниковыми образованиями. Рассматриваемые отложения представлены крупнозернистыми и разнозернистыми косослоистыми песками с прослоями галечников и гравия; реже с прослоями пылеватых песков и супесей, суглинков и мелкозернистых песков мощностью до 1,0 м. Общая мощность флювиогляциальных образований колеблется от 3,0 до 33,7 м (скв. № 26 и 43), обычно же она составляет 10—20 м.

Отложения внутриледниковых озер, слагающие камы ( $lgl\ Q_{III}, krl\ kam$ ), развиты в восточной и северо-восточной частях обследованной площади. Ими сложены Колтушская и Румболовская камовые возвышенности. Отложения внутриледниковых озер представлены мелкозернистыми и среднезернистыми желтоватыми песками с прослоями крупнозернистых и гравелистых песков, супесей, суглинков и глин. В ряде случаев в верхней части разреза наблюдаются слоистые песчанисто-пылеватые суглинки с гравием и гальками мощностью от 4 до 11,0 м. Общая мощность камовых отложений 12,0—42,0 м.

Озерно-ледниковые отложения поздней фазы карельского оледенения ( $lgl\ Q_{III}, b_1$ ) являются осадками Балтийского ледникового озера и имеют почти повсеместное распространение. Подстилает их морена карельского оледенения или флювиогляциальные и камовые образования. Отложения Балтийского ледникового озера представлены главным об-

разом желтовато-серыми мелкозернистыми песками с прослоями пылеватых песков, супесей и глин. Мощность рассматриваемых отложений очень изменчивая и варьирует от 1 до 41,0 м, однако наиболее часто она составляет 10—20 м.

Образования современного отдела представлены озерными отложениями, аллювием и торфяно-болотными образованиями.

Озерные отложения ( $IQ_{IV}$ ) имеют распространение только в северной части города на пересечении Щегловской и Степной улиц. Здесь вскрытые (скв. № 7) с поверхности озерные образования представлены желтыми мелкозернистыми песками с прослоями зеленовато-серых песчанистых глин с остатками растений. Эти отложения подстилаются озерно-ледниковыми осадками.

Аллювиальные отложения ( $al Q_{IV}$ ) развиты в долине р. Лубья, где ими сложена прерывистая пойменная терраса высотой до 1—1,5 м. Аллювий представлен буровато-серыми мелкозернистыми пылеватыми песками, иногда с включением гравия и галек. В песках содержатся прослой супесей, ила и суглинков.

Болотные отложения ( $p Q_{IV}$ ) представлены древесно-сфагновым торфом (скв. № 5, 11, 22, 28, 36). Мощность торфяно-болотных отложений 0,5—3,0 м.

## 2. Гидрогеологические условия

Физико-географические условия, геологическое строение и литологический характер рыхлых пород Кембрийской низины в общем благоприятствуют накоплению и формированию здесь сравнительно водообильных водоносных горизонтов. В пределах этого геоморфологического района в основном развиты два водоносных комплекса, приуроченных к четвертичным, главным образом гляциальным и постгляциальным образованиям и верхнепротерозойским отложениям.

Четвертичные отложения представлены сложным комплексом переслаивающихся ледниковых, морских, межледниковых, озерно-ледниковых, флювиогляциальных, а также аллювиальных образований, общая мощность которых составляет 40,0—85,0 м.

Песчаные и грубообломочные разности этих отложений, являющиеся коллектором подземных вод, хотя и имеют мощность, достигающую местами до 35,0 м (скв. № 8), не выдержаны по площади, выклиниваются на сравнительно коротких расстояниях и не имеют сплошного распространения. В толще четвертичных отложений можно наблюдать наличие до десяти водоносных горизонтов, приуроченных к различным по генезису образованиям и разделенных водонепроницаемыми прослоями моренных отложений различных стадий оледенений. Расчленение указанных горизонтов, а тем более выделение их по площади распространения, на данном этапе исследования сделать невозможно. Вместе с тем, учитывая гидравлическую связь отдельных водоносных горизонтов между собой, положение их в разрезе и отношение к основным водоупорам, возможно их объединение в три, более или менее самостоятельных водоносных комплекса: надморенный, межморенный и подморенный.

Надморенный водоносный комплекс объединяет водоносные горизонты, приуроченные к аллювиальным и озерным отложениям современного отдела, а также к отложениям внутриледниковых озер, озерно-

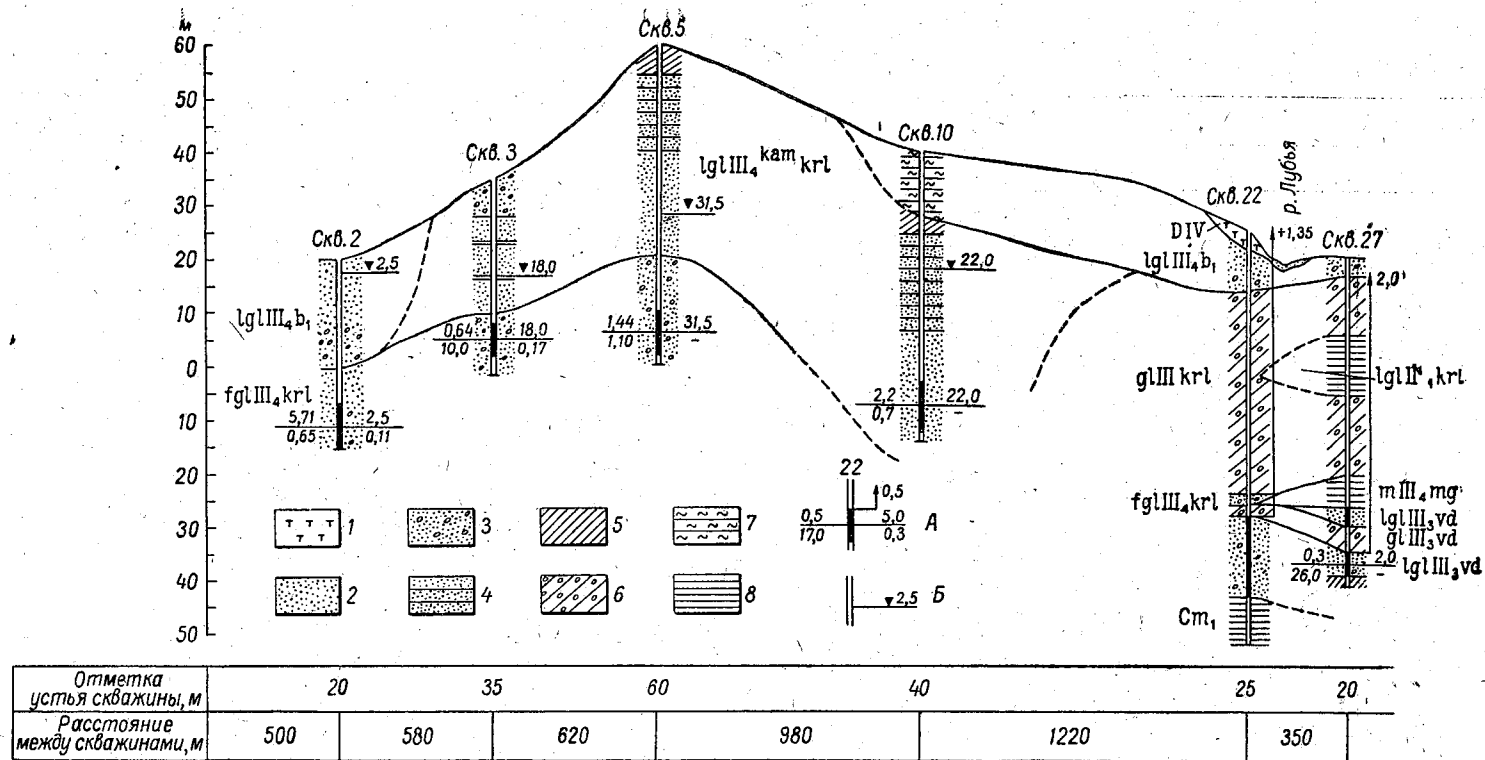


Рис. 7. Схематический гидрогеологический разрез.

1 — торф, 2 — песок, 3 — песок с гравием, гальками и валунами, 4 — супеси, 5 — суглинки, 6 — суглинки и глины с валунами, 7 — ил и иловатые глины, 8 — глина

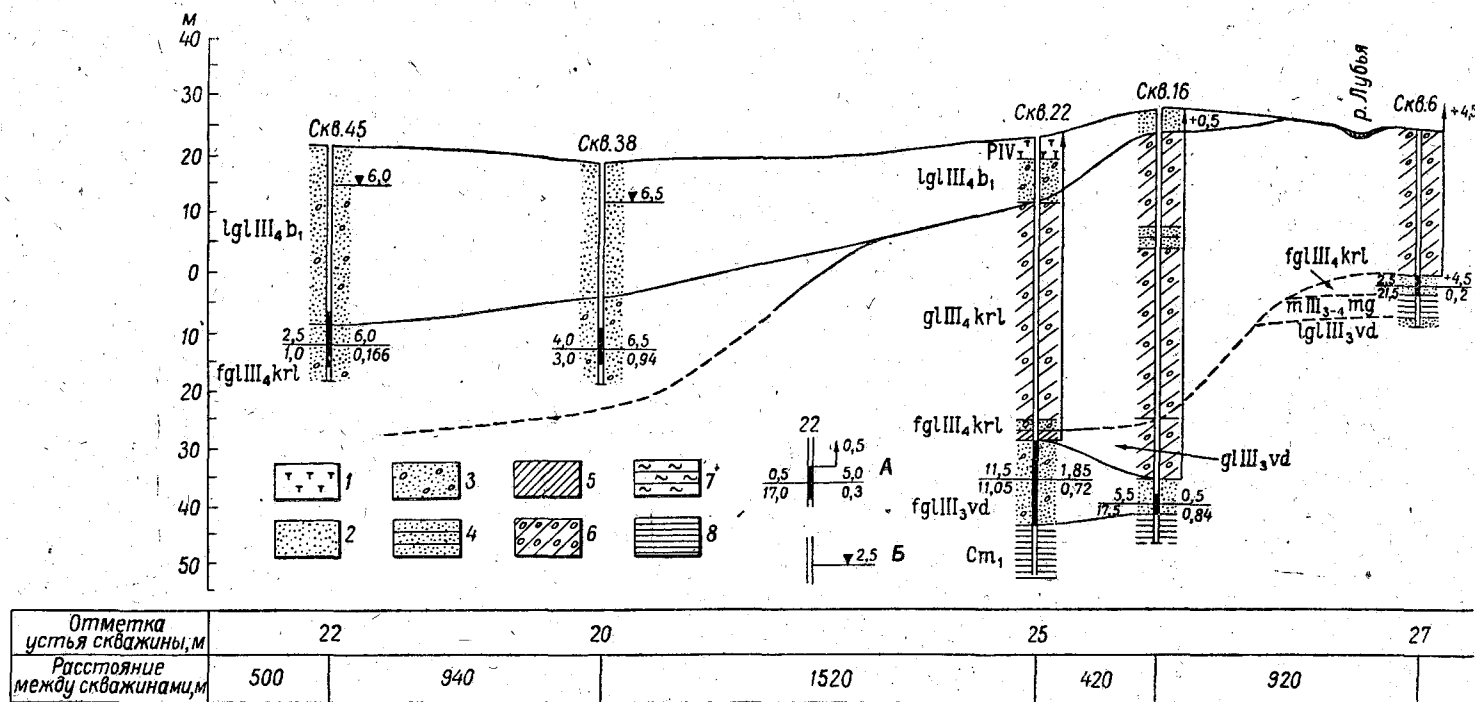


Рис. 8. Схематический гидрогеологический разрез  
(усл. обозначения см. на рис. 7)



ледниковых и флювиогляциальных образований верхнего отдела четвертичной системы. Водоносные горизонты этого комплекса подстилаются относительно водонепроницаемой мореной Карельского оледенения (рис. 7 и 8).

Водоносные горизонты надморенного комплекса гидравлически связаны между собой, образуют в районе г. Всеволожского единый поток, дренируемый р. Лубья, и объединение их в один водоносный комплекс вполне оправдано.

Надморенный водоносный комплекс в пределах г. Всеволожского и его окрестностей имеет почти повсеместное и сплошное распространение. Исключением является район пос. Щегловки (скв. № 6) и западной части ул. Гоголя (скв. № 44), где водоносные породы сменяются выходами на поверхность водонепроницаемой морены Карельского оледенения.

Однако литологический характер и водопроницаемость отложений указанного водоносного комплекса довольно резко изменяется по площади распространения и по вертикали.

Значительные площади распространения надморенного водоносного комплекса сложены озерно-ледниковыми и камовыми образованиями, представленными главным образом мелкозернистыми, иногда пылеватыми или даже глинистыми песками. Эти отложения, как правило, имеют невысокую водопроницаемость. На остальной площади развиты флювиогляциальные отложения, представленные средне- и крупнозернистыми чистыми песками, обладающими высокой водопроницаемостью.

Флювиогляциальные среднезернистые и крупнозернистые пески вытянуты довольно широкой полосой с северо-северо-запада на юго-юго-восток. Ширина этой полосы местами достигает до 2 км. Так, в песчаном карьере, расположенном на северо-западной окраине города, отчетливо прослеживаются флювиогляциальные отложения в основании камовой гряды.

К юго-востоку от карьера водоносные флювиогляциальные образования, прикрытые сверху озерно-ледниковыми отложениями, прослеживаются по разрезам буровых скважин вдоль южного склона камовой гряды. Дальше к юго-востоку в центральной части города полоса этих отложений расширяется до 2 км, а при пересечении долиной р. Лубья суживается до 1 км. Еще далее полоса флювиогляциальных песков, сохраняя юго-юго-восточное направление, еще более суживается и уходит за пределы города.

Мощность флювиогляциальных песков варьирует от 3 до 33 м и несколько более. Наиболее распространенная мощность составляет 10—20 м.

Водопроницаемость среднезернистых и крупнозернистых песков очень высокая; фильтрационные свойства их характеризуются коэффициентом фильтрации, который колеблется от 10 до 45 м/сутки. Скважины, эксплуатирующие воды этих отложений, имеют высокие дебиты, достигающие сотен кубических метров в сутки при понижении уровней менее чем на 1 м.

По обе стороны полосы флювиогляциальных отложений надморенный водоносный комплекс представлен толщей озерно-ледниковых песков пестрого литологического состава.

Так, к востоку от этой полосы в разрезе начинают постепенно преобладать мелкозернистые и тонкозернистые песчаные разности с про-

слоями и линзами крупнозернистых, а местами гравийно-галечниковых песков.

Водопроницаемость озерно-ледниковых отложений сравнительно высокая, хотя значительно уступает водопроницаемости флювиогляциальных отложений центральной части города. Коэффициент фильтрации озерно-ледниковых отложений колеблется от 1,4 до 4,1 м/сутки. Дебиты скважин, эксплуатирующих воды этих отложений, составляют 100—200 м<sup>3</sup>/сутки при понижении уровней на 2—4 м.

К западу от полосы флювиогляциальных отложений по направлению к району Бернгардовки в литологическом составе озерно-ледниковых отложений сначала преобладают мелко- и тонкозернистые пески, часто пылеватые, а затем и супеси, суглинки и ленточные глины.

Водопроницаемость озерно-ледниковых отложений здесь чрезвычайно низкая: коэффициенты фильтрации измеряются десятками и даже сотыми долями метра в сутки. Дебиты колодцев и скважин составляют обычно всего несколько кубических метров в сутки. Многие колодцы, встреченные нами здесь — безводны.

Глубина залегания грунтовых вод надморенного комплекса колеблется в пределах 4—10 м от поверхности земли. Преобладающая мощность водоносного комплекса находится в пределах от 17 до 25 м.

Грунтовые воды надморенного водоносного комплекса в основном безнапорные со свободной поверхностью. Лишь иногда встречаются небольшие местные напоры, являющиеся следствием наличия в верхней части разреза глинистых прослоев.

Питание грунтовых вод осуществляется за счет атмосферных осадков, главным образом в период весеннего снеготаяния. Уровень воды в колодцах и скважинах достигает максимального положения обычно к концу весеннего периода.

К концу лета, как правило, в колодцах и скважинах устанавливаются минимальные уровни. Амплитуда колебаний уровней грунтовых вод зависит от метеорологических условий предшествующей зимы и интенсивности весеннего снеготаяния.

Водообильность надморенного водоносного комплекса довольно пестрая. Так же как и фильтрационные свойства водовмещающих пород, она изменяется в широких пределах. Для западной части города в пределах развития супесчаных и суглинистых пород она чрезвычайно низкая: удельные дебиты находятся в пределах тысячных долей литра в секунду, в то время как для восточных частей города характерны удельные дебиты, измеряемые десятками долями литра в секунду и достигающие до 1 л/сек. Наибольшей водообильностью обладают среднезернистые и крупнозернистые пески полосы флювиогляциальных отложений, которая проходит через центральную часть города. Удельные дебиты колодцев и скважин здесь измеряются от 2 до 8,9 л/сек.

Грунтовые воды надморенного водоносного комплекса являются пресными с минерализацией, не достигающей 1 г/л, мягкие с общей жесткостью в пределах 2—3 мг/экв. По химическому составу грунтовые воды принадлежат к гидрокарбонатному классу кальциевой группы.

Следует отметить повышенное содержание в воде железистых соединений, главным образом в закисной форме.

Санитарно-гигиенические качества водоносного комплекса довольно резко изменяются по вертикали. Верхняя зона на большей площади сильно загрязнена сточными и фекальными водами, в то время как ниж-

няя зона этого водоносного комплекса значительно менее подвержена загрязнению. Об этом свидетельствуют и бактериологические анализы.

Межморенный водоносный комплекс объединяет водоносные горизонты флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений раннеледниковой фазы карельского оледенения, а также озерно-ледниковые отложения поздней фазы валдайского оледенения, подстилаемые водонепроницаемой мореной валдайского оледенения.

В пределах г. Всеволожского и его окрестностей этот водоносный комплекс распространен также почти повсеместно. Водовмещающими породами этого водоносного комплекса являются разномеристые и крупномеристые пылеватые пески с гравием и гальками, переслаивающиеся мелкомеристыми и тонкомеристыми пылеватыми песками и супесями с прослойками суглинков и глин. Мощность водовмещающих пород колеблется в широких пределах: от 1,2 до 28,5 м. Преобладающая мощность этих пород 5—10 м.

Водопроницаемость пород водоносного комплекса чрезвычайно пестрая; значения коэффициента фильтрации колеблются в широких пределах — от 0,11 до 14,3 м/сутки.

Глубина залегания водоносного комплекса от 13,0 до 69,5 м от поверхности земли.

Воды этого водоносного комплекса являются пластово-поровыми, напорными. Величины напоров изменяются от 11,2 до 57,0 м, преобладают напоры 25—30 м. Установившиеся уровни воды в скважинах зафиксированы не глубже 12,5 м от поверхности земли.

Питание водоносных горизонтов межморенного водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на площади, находящейся за пределами района исследования на Карельском перешейке, где отложения водоносного комплекса выходят на поверхность.

Водообильность водоносного комплекса очень пестрая: удельные дебиты скважин колеблются от 0,005 до 1 л/сек. Некоторые скважины оказались даже безводными.

По химическому составу воды принадлежат к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. По общей минерализации воды межморенного водоносного комплекса пресные и умеренно жесткие, с общей жесткостью от 0,6 до 6,2 мг-экв. Преобладает жесткость от 2,6 до 4,0 мг-экв. Сухой остаток не превышает 0,84 г/л. Обычно же он находится в пределах 0,25—0,45 г/л.

Лишь в одной скважине в районе Бернгардовки была встречена вода хлоридного класса кальциевой группы с общей минерализацией 1,9 г/л.

Санитарно-гигиенические качества вод межморенного водоносного комплекса удовлетворительные. Незначительное содержание нитритов, нитратов и аммиака не является результатом поверхностного загрязнения, а возможно образовалось за счет контакта с морскими межледниковыми глинами мгинской трансгрессии, содержащими сильно разложившиеся органические остатки.

По бактериологическим свойствам — воды хорошего качества: колититр обычно превышает 333, и лишь в редких случаях является ниже принятых нормативов.

Подморенный водоносный комплекс объединяет водоносные горизонты, относимые нами к флювиогляциальным и озерно-ледниковым от-

ложениям ранней фазы валдайского (осташковского) оледенения. Подстилаются эти отложения либо мореной калининского оледенения, либо ламинаритовыми глинами верхнего протерозоя. Подморенный водоносный комплекс в пределах г. Всеволожского распространен только в его восточной и юго-восточной частях.

Водовмещающими породами подморенного водоносного комплекса являются флювиогляциальные разномерные и крупномерные пески с гравием, гальками и валунами, а также озерно-ледниковые мелкозернистые пылеватые пески с линзами гравия. Водопроницаемость флювиогляциальных отложений высокая: коэффициенты фильтрации, значение которых получено опытными откачками, от 2—3 до 8,42 м/сутки. Значительно ниже водопроницаемость озерно-ледниковых мелкозернистых пылеватых песков, коэффициенты фильтрации, которых изменяются от 0,06 до 1—2 м/сутки. Преобладающая мощность составляет 15—16 м.

Подморенный водоносный комплекс содержит пластово-поровую напорную воду. Глубина появления воды в скважинах от 38 до 64 м от поверхности земли. Установившиеся уровни лежат в пределах от 0,5 до 3 м от поверхности. Величина напора достигает 44—63,5 м. В ряде скважин встречается фонтанирующая вода с напором до 1,35 м над устьем скважины.

Водообильность водоносного комплекса пестрая: удельные дебиты скважин колеблются от 0,01 до 1 л/сек. Наиболее водообильны скважины, эксплуатирующие воду флювиогляциальных отложений.

По химическому составу воды подморенного комплекса относятся к гидрокарбонатно-хлоридному классу натриевой группы. Ионный состав этих вод может быть выражен формулой Курлова, отражающей средние значения,

$$M_{0,84} \frac{HCO_{59}^3 \cdot Cl_{41}}{Na_{10} Ca_{18} Mg_{12}}.$$

Воды этого комплекса пресные, с общей минерализацией в пределах 0,64—0,84 г/л, умеренно жесткие: общая жесткость составляет 6,45 мг-экв.

Санитарно-гигиенические качества воды этого водоносного комплекса хорошие, загрязняющие элементы либо полностью отсутствуют, либо имеются в очень незначительном количестве.

По бактериологическим свойствам воды этого комплекса отвечают требованиям, предъявляемым к питьевым водам.

Породы дочетвертичного возраста, залегающие ниже ламинаритовых глин, в пределах исследуемого района не вскрыты буровыми скважинами. Однако по аналогии с соседними районами, где эти отложения вскрыты многими скважинами (Колтуши, Рахья, Кузьмолowo и др.), можно утверждать, что и в районе г. Всеволожского ниже ламинаритовых глин залегает гдовский водоносный горизонт верхнего протерозоя, представленный песчаниками и конгломератами.

Судя по отметкам вскрытия этого водоносного горизонта в соседних с г. Всеволожским районах, залегание его непосредственно в г. Всеволожском возможно на глубинах 120—140 м от поверхности. Мощность водоносного горизонта, по-видимому, не менее 50—60 м.

Подземные воды гдовского водоносного горизонта относятся к трещинно-пластово-поровому типу напорных вод.

По химическому составу эти воды относятся к водам хлоридного класса натриевой группы. Общая минерализация их составляет 5—7 г/л и более, воды жесткие.

Практического значения для водоснабжения этот водоносный горизонт не имеет.

### **3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию**

Обработка данных гидрогеологической съемки, а также материалов бурения скважин и опытных откачек показала, что гидрогеологические условия района г. Всеволожского весьма сложные, а архивные данные по скважинам, пробуренным в разные годы, весьма схематичны и недостаточно надежны.

Сложность гидрогеологических условий обусловлена тем, что основные водоносные горизонты, приуроченные к песчаным прослоям и линзам четвертичной толщи, отличаются непостоянством распространения, изменчивой мощностью и пестротой литологического состава.

Недостаточная надежность фактических данных характеризуется отсутствием сколько-нибудь точных высотных отметок колодцев и скважин, схематичностью разрезов по буровым журналам, объединяющих в один слой породы различного состава и генезиса мощностью в десятки метров и, наконец, малыми величинами достигнутых понижений при опытных откачках.

Все это, разумеется, ограничивает возможности расчета количественных характеристик водоносных комплексов, так как остаются неясными площадь питания и распространения водоносных слоев, их полная мощность и уклоны поверхности подземных вод.

Ввиду изложенного выше количественная характеристика водоносных комплексов нами ограничивается приближенным определением модуля подземного стока и приближенным расчетом расхода подземного потока надморенного водоносного комплекса в пределах территории г. Всеволожского, а также приближенными расчетами эксплуатационных возможностей скважин, эксплуатируемых на территории города.

Для расчетов модуля подземного стока среднегодовая сумма осадков была принята в размере 600 мм, а коэффициент инфильтрации атмосферных осадков в размере 0,25. Принятое значение коэффициента инфильтрации обосновывается хорошей водопроницаемостью поверхностных отложений, равнинностью местности и наличием бессточных котловин и западин, а также слабым развитием гидрографической сети.

На основе этих данных модуль подземного стока определен в размере 4,75 л/сек км<sup>2</sup>. Значение модуля подземного стока показывает, что водоносные комплексы, получают здесь значительное питание за счет инфильтрации атмосферных осадков и это предопределяет их высокую водообильность.

Первый от поверхности надморенный водоносный комплекс приурочен к песчаным породам различного литологического состава и генезиса. Поэтому определение естественных ресурсов надморенного водоносного комплекса производилось отдельно для западной части города, затем

для полосы развития флювиогляциальных отложений и, наконец, для восточной части города по створу вдоль правого берега р. Лубья.

Соответствующие расчеты дали следующие значения суточных расходов:

1. В западной части города при ширине потока 1000 м и средней мощности 12 м — 85 м<sup>3</sup>/сутки.

2. В центральной части города, в полосе развития флювиогляциальных отложений, при ширине потока 1000 м и средней мощности 25 м — 4500 м<sup>3</sup>/сутки.

3. В восточной части города при ширине потока 1500 м и средней мощности 30 м — 450 м<sup>3</sup>/сутки.

Таким образом, общий расход потока всего надморенного комплекса определен в размере свыше 5000 м<sup>3</sup>/сутки.

Для низзалегавших межморенного и подморенного комплексов подобных расчетов произвести не удалось, так как водоносные линзы и прослои этих комплексов не имеют постоянного распространения в пределах территории г. Всеволожского и совершенно не выяснены как области питания этих комплексов, так и условия их разгрузки и площади их распространения. Поэтому о водообильности этих водоносных комплексов возможно высказать лишь несколько общих соображений. Межморенный водоносный комплекс имеет довольно широкое распространение, однако пестрота литологического состава водовмещающих пород и частое их выклинивание не позволяет сколько-нибудь точно оконтурить наиболее перспективные участки для эксплуатации этого горизонта. Сравнительно водообильным этот комплекс является в северо-западной части города, где он, по-видимому, гидравлически связан с флювиогляциальным горизонтом надморенного комплекса.

Удовлетворительные результаты бурения на межморенные воды получены также в северо-восточной части города и отчасти в юго-восточной части города.

На остальных участках города и особенно в западной и юго-западной частях его скважины, эксплуатирующие межморенный комплекс, в большинстве случаев малодебитны.

Особого внимания заслуживает подморенный водоносный комплекс, имеющий локальное распространение в пределах г. Всеволожского. На основании анализа разрезов скважин и данных опытных откачек, наиболее перспективный для эксплуатации подморенного водоносного комплекса является северо-восточная часть города, где мощность водоносных песков достигает 15—27 м, а дебит скважин при понижении уровня на 11—16 м составлял 700—1000 м<sup>3</sup>/сутки.

Кроме упомянутого участка, подморенные воды встречены в юго-восточной части города. Однако мощность водоносного слоя здесь составила всего 1,5 м и дебит скважины 52 м<sup>3</sup>/сутки при понижении уровня на 5 м.

Что касается западной части города, то подморенные воды здесь либо отсутствуют, либо непригодны для питья вследствие высокой минерализации.

В соответствии с проведенным районированием территории г. Всеволожского расчеты эксплуатационных возможностей скважин произведены по следующим водоносным комплексам и горизонтам:

1. Надморенный водоносный комплекс: а) озерно-ледниковый горизонт; б) флювиогляциальный горизонт.

## 2. Межморенный водоносный комплекс.

## 3. Подморенный водоносный комплекс.

Расчеты эксплуатационных возможностей проведены по 46 скважинам, эксплуатирующим упомянутые водоносные комплексы, и результаты расчетов позволили обосновать количественные характеристики упомянутых водоносных горизонтов и комплексов.

Для наиболее водообильного горизонта, приуроченного к флювиогляциальным отложениям надморенного комплекса, получены следующие характеристики. На территории города горизонт вскрыт 14 эксплуатационными скважинами, причем вскрытая мощность горизонта колеблется от 18 до 34 м. Коэффициент фильтрации флювиогляциальных песков изменяется от 7,5 до 46 м/сутки. Ввиду того, что при опытных откачках были достигнуты малые понижения уровня (не более 1—3 м), при расчетах эксплуатационных дебитов скважин приняты понижения уровня в размере всего 10—15% мощности горизонта. Тем не менее общая суммарная производительность этих скважин была определена в размере около 7000 м<sup>3</sup>/сутки.

Водоносный горизонт, приуроченный к озерно-ледниковым отложениям надморенного комплекса, эксплуатируется на территории множеством мелких колодцев и скважин, которые не принимались в расчет при определении эксплуатационных возможностей горизонта. Из всех существующих скважин, эксплуатирующих этот горизонт, в расчет включены только 9 наиболее глубоких и наиболее водообильных скважин.

По разрезам этих скважин вскрытая мощность водоносных отложений изменяется от 18 до 35 м, а коэффициент фильтрации от 0,25 до 4,1 м/сутки. Общая производительность 9 скважин при понижении уровня до половины мощности горизонта определена в размере 1700 м<sup>3</sup>/сутки.

Межморенный напорный водоносный комплекс эксплуатируется в разных частях города 18 скважинами. Мощность горизонта изменяется от 2 до 32 м, а величина напора от 6 до 48 м. Коэффициент фильтрации водоносных песков колеблется в пределах от 0,1 до 14 м/сутки. Суммарный дебит всех 18 скважин при понижении уровня не более чем на величину напора определен в размере 2860 м<sup>3</sup>/сутки.

Подморенный напорный водоносный комплекс, имеющий локальное распространение, эксплуатируется 5 скважинами глубиной от 50 до 76 м. Мощность водоносных песков изменяется от 1,5 до 27,0 м, напор — от 63 до 63 м, а коэффициент фильтрации — от 5,5 до 8,5 м/сутки. Суммарный дебит скважин при понижении уровня от 20 до 60% величины напора (в зависимости от достигнутого понижения) определен в размере 4200 м<sup>3</sup>/сутки.

На основании анализа данных об эксплуатационных возможностях скважин можно сделать вывод о том, что имеющиеся в г. Всеволожском скважины смогут почти полностью удовлетворить потребности города в воде как для питьевого, так и для бытового водоснабжения.

Однако, учитывая неполноценность исходных материалов, перед проектированием централизованного водоснабжения необходимо произвести тщательное опробование скважин опытными откачками для определения эксплуатационных дебитов и понижений уровня, а также радиуса влияния скважин. В первую очередь следует произвести опробование скважин, эксплуатирующих воды флювиогляциальных отложений надморенного водоносного комплекса как наиболее высокодебитных.

Для расчета дебитов этих скважин ввиду малых величин достигнутых опытных понижений уровня, приняты сравнительно небольшие расчетные понижения уровней в размере 10—15% мощности горизонта, что, по-видимому, привело к занижению эксплуатационных возможностей скважин.

Учитывая, что опробование этих скважин откачками с большими понижениями уровней может обосновать увеличение эксплуатационных ресурсов, а также возможность заложения дополнительных скважин в пределах полосы распространения флювиогляциальных отложений, можно рассматривать этот горизонт как основной источник централизованного водоснабжения города.

Большая часть существующих скважин расположена сравнительно равномерно в пределах полосы распространения флювиогляциальных отложений на расстоянии от 500 до 1000 м одна от другой и нет сомнений в том, что их одновременная эксплуатация не вызовет взаимовлияний. Однако при больших понижениях уровня, чем принятые в расчетах, очевидно придется учитывать возможность взаимодействия отдельных скважин при их одновременной эксплуатации.

Остальные водоносные горизонты следует рассматривать как дополнительные, в ряде случаев существенные источники водоснабжения, которые могут покрыть разницу между потребностью города в воде и эксплуатационными возможностями скважин, эксплуатирующих флювиогляциальный водоносный горизонт.

Очевидно, наиболее целесообразно из этих дополнительных источников использовать в северо-восточной части города межморенный и подморенный водоносные комплексы, а в юго-восточной части города межморенный и надморенный комплексы в озерно-ледниковых отложениях.

Что касается западной и особенно юго-западной части города, то для улучшения водоснабжения этих районов придется вести водопровод от скважин, эксплуатирующих воды флювиогляциальных отложений, так как в этой части города надежных источников водоснабжения нет.

---



#### IV. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ СИЛУРИЙСКОГО (ОРДОВИКСКОГО) ПЛАТО

##### 1. Геолого-геоморфологические особенности

В геологическом строении Силурийского (ордовикского) плато участвуют докембрийские образования, породы кембрийской и ордовикской систем, перекрытые четвертичными отложениями.

Докембрийские образования представлены архейскими и нижнепротерозойскими породами, слагающими кристаллический фундамент, и слабометаморфизованными верхнепротерозойскими отложениями.

Кристаллический фундамент вскрыт буровыми скважинами: в пос. Стрельна на глубине 199,55 м, в г. Красном Селе на глубине 344,0 м, в окрестностях г. Гатчины на глубине 395,2 м. Приведенные данные позволяют установить, что поверхность кристаллического фундамента понижается в направлении с севера на юг около 3 м на 1 км.

Верхнепротерозойские отложения, несогласно перекрывающие породы кристаллического фундамента, по своему литологическому составу разделяются на два горизонта: гдовский ( $Pt_3 gd$ ) и котлинский ( $Pt_3 kt$ ).

Гдовский горизонт залегает непосредственно на кристаллическом фундаменте и в основании сложен песчаниками с прослоями гравийных конгломератов, а в верхней части — толщей переслаивания песчаников, алевролитов и глин общей мощностью от 60 до 87 м. Кровля этого горизонта в пос. Стрельне залегает на глубине 176,5 м, в г. Красном Селе — на глубине 268,7 м, в окрестностях г. Гатчины — на глубине 308,4 м.

Котлинский горизонт представлен зеленовато-серыми глинами с прослоями алевролитов и песчаников, содержащих сидерит, общей мощности от 130 до 150 м.

Кембрийская система представлена нижним и средним отделами. Нижний отдел слагают: ломоносовская свита ( $Cm_1 lm$ ), лонтовасская свита ( $Cm_1 ln$ ) и пиритасская свита ( $Cm_1 pt$ ); средний отдел представлен тискресской свитой ( $Cm_2 ts$ ).

Ломоносовская свита сложена мелкозернистыми песчаниками и алевролитами мощностью 10,0—11,0 м. Кровля песчаников этой свиты в г. Красном Селе залегает на глубине 151,60 м, в г. Гатчине — на глубине 160,40 м.

Лонтовасская свита представлена толщей синих и голубых пластичных глин, имеющих тонкослоистое сложение с включением прослоев песков и песчаников; мощность этой свиты от 60 до 115,0 м. В г. Красном Селе синие глины залегают на глубине 34,40 м, в г. Гатчине — на глубине 78,0 м.

Пиритасская свита нижнего отдела и тискреская свита среднего отдела кембрийской системы в нашем районе образуют единую толщу песков и песчаников общей мощностью до 15,0 м. Эта толща в г. Гатчине вскрыта на глубине 66,0 м.

Ордовикская система выражена нижним и средним отделами. В нижнем отделе выделяются нижеследующие горизонты: пакерортский ( $O_1 pk$ ), мяэкульский ( $O_1 mk$ ), волховский ( $O_1 vl$ ) и кундский ( $O_1 kd$ ).

Пакерортский горизонт состоит из оболовых песков и песчаников бурого и серого цвета, переслаивающихся в кровле с темными битуминозными диктионемовыми сланцами общей мощностью от 7 до 14,0 м. Диктионемовые сланцы обнаруживаются не во всех буровых скважинах, но в тех местах, где они вскрыты, их мощность показана вместе с песчаниками. По данным отдельных обнажений и буровых скважин (Поповка, Орловские источники) мощность этих сланцев от 0,5 до 1,0 м.

Пакерортский горизонт вместе с песчаной толщей нижнего и среднего кембрия образует кембро-ордовикскую толщу песков и песчаников общей мощностью от 16,5 до 27,2 м, которая отделена от вышележащих пород диктионемовыми сланцами.

Мяэкульский горизонт представлен глауконитовыми глинистыми и мергелистыми песчаниками и мергелистыми известняками (деревня Поповка) мощностью от 0,30 до 1,0 м. В скважинах, пробуренных на исследованной территории, этот горизонт не выделен.

Волховский и кундский горизонты образуют известняковую толщу нижнего ордовика общей мощностью 10—15,0 м. В обнажениях эти горизонты легко отличаются по литологическим особенностям и органическим остаткам.

Средний отдел ордовика в пределах исследованного района представлен таллинским горизонтом ( $O_2 tl$ ), а за его южной границей появляются кукерский и ифтерский горизонты.

Таллинский горизонт выражен тонкослоистыми зеленовато-серыми известняками, содержащими шарообразные окаменелости эхиносферитов. В пределах нашего района горизонт частично размыт и поэтому его мощность изменяется от 5 до 9,0 м. Известняковые горизонты нижнего и среднего ордовика в исследуемом районе слагают ордовикскую толщу карбонатных пород, мощность которой увеличивается с севера на юг. Так, в г. Красном Селе ее мощность составляет 15,0 м, в пос. Тайцы (Орловские источники) — 26,0 м, в пос. Пудость — 37,0 м.

На геологических картах ранних исследований между пос. Тайцы и г. Гатчиной показано залегание отложений девонской системы, где они образуют узкий выступ в направлении с юго-востока на северо-запад. Однако в обследованных нами карьерах и колодцах в долине р. Пудость, в районе пос. Тайцы и на территории деревень Большое и Малое Верево, а также по данным скважин в указанных населенных пунктах наличие пород девонской системы не подтверждено. Здесь всюду красная песчанистая морена непосредственно залегает на известняках таллинского горизонта ордовикской системы. На основании наших наблюдений, северная граница распространения девонских отложений в указанном выше месте может быть проведена примерно по долине р. Ижоры, являющейся одновременно здесь южной границей наших исследований.

Четвертичные отложения на исследованной площади выражены мореной ( $glQ_{III} vd$ ), озерно-ледниковыми отложениями ( $lgl Q_{III} vd$ ), тор-

фяно-болотными ( $p Q_{IV}$ ), аллювиальными ( $al Q_{IV}$ ) и элювиально-делювиальными ( $el - dl Q_{IV}$ ) образованиями.

Среди четвертичных отложений имеет наибольшее распространение морена валдайского оледенения, покрывающая не менее 65% исследованной площади. Обычно морена представлена красно-бурым песчаным суглинком с гравием, гальками и валунами кристаллических пород, реже валунными супесями и песками. По данным многочисленных наблюдений в колодцах, карьерах, разрезах буровых скважин мощность морены западнее деревень Дони и Коммолово составляет 2,5—5,0 м, а в большинстве случаев около 3,0 м. В гряде, выраженной в рельефе по линии деревень Александровка, Дони, Коммолово, имеющей относительную высоту до 15—18 м, мощность ледниковых отложений увеличивается от 15 до 22,0 м. По данным буровой скважины в дер. Дони ледниковые отложения гряды имеют нижеследующий разрез:

- 1) морена — суглинок с гравием, гальками и валунами 13,50 м,
- 2) песок серый с гравием . . . . . 0,50 м,
- 3) морена — глина зеленовато-бурая с гравием, гальками и валунами . . . . . 8,15 м,
- 4) известняки таллинского горизонта . . . . .

В скважинах, собранных и описанных по Гатчинскому району в кадастре и в отчетах по гидрогеологической съемке, вся описываемая толща ледниковых отложений, разделенная песками, принята за один горизонт морены, отнесенной по времени образования к последнему валдайскому оледенению ( $gl Q_{III} vd$ ). Однако, принимая во внимание наличие двух горизонтов морены различного литологического состава, разделенных слоем песка, возможно предположение, что два горизонта морены соответствуют двум стадиям оледенения, а может быть даже двум ледниковым периодам.

Озерно-ледниковые отложения перекрывают морену и занимают пониженные пространства. Они представлены неслоистыми суглинками и ленточными глинами, реже песками и супесями общей мощностью от 0,2 до 10 м. В типичном развитии эти отложения безвалунные, но местами они содержат скопления гравия, галек и даже валуны, как продукты, оставшиеся от размыва морены.

Торфяно-болотные отложения образуют ряд крупных массивов, которые, вероятно, возникли на месте остаточных озер после регрессии I Балтийского ледникового озера. Торфяные отложения залегают на озерно-ледниковых суглинках, подстилаемых мореной. Наибольшая мощность торфа наблюдается в срединных частях массивов, где она достигает 5,0 м, к краям болот его мощность уменьшается до 1—2 м и выклинивается.

Аллювиальные отложения развиты по долинам рек Ижоры, Пудости и Вережки, где они слагают пойму и первую надпойменную террасу. В их составе наблюдаются суглинки, супеси, пески и прослои гравия. В связи с плохой обнаженностью и отсутствием искусственных выработок в долинах рек, литологический состав, мощность и характер распространения аллювиальных отложений изучены недостаточно.

Элювиально-делювиальные образования развиты в форме плащеобразного покрова в пределах площади выходов на поверхность ордовикских известняков. Эту площадь занимает Кирхгофская и Дудергофская возвышенности, а западнее граница выходов на поверхность ордовикских известняков проходит через деревни Александровка, Нижняя, Рас-

колово и южный край г. Красного Села. Предыдущими исследователями показано залегание моренных образований, связанных с валдайским оледенением ( $glQ_{\text{пvd}}$ ). Нашими полевыми исследованиями в июне, сентябре и октябре 1964 г. установлено, что здесь, на равнинах и пологих склонах, непосредственно на ордовикских известняках развиты элювиальные отложения, а на крутых склонах и у подножия вышеупомянутых возвышенностей — делювиальные образования.

Элювиальные образования с поверхности представлены перегнойно-карбонатной темно-серой почвой мощностью 0,30—0,40 м, переходящей в светло-бурый карбонатный суглинок мощностью 0,50—0,60 м. В суглинке содержатся обломки ордовикских известняков неправильной формы с изъеденной поверхностью. Количество последних книзу увеличивается и суглинки переходят в известняковый щебень, который в свою очередь сменяется сильно трещиноватыми тонкослоистыми известняками (рис. 9). Более ранними исследованиями элювиальные суглинки с включением обломков известняков фиксировались как моренные отложения. На описываемой площади морена, вероятно, не была отложена, хотя рассеянные на поверхности валуны кристаллических пород, среди которых преобладает выборгский гранит рапакиви, свидетельствуют о покрытии ледником этой площади.

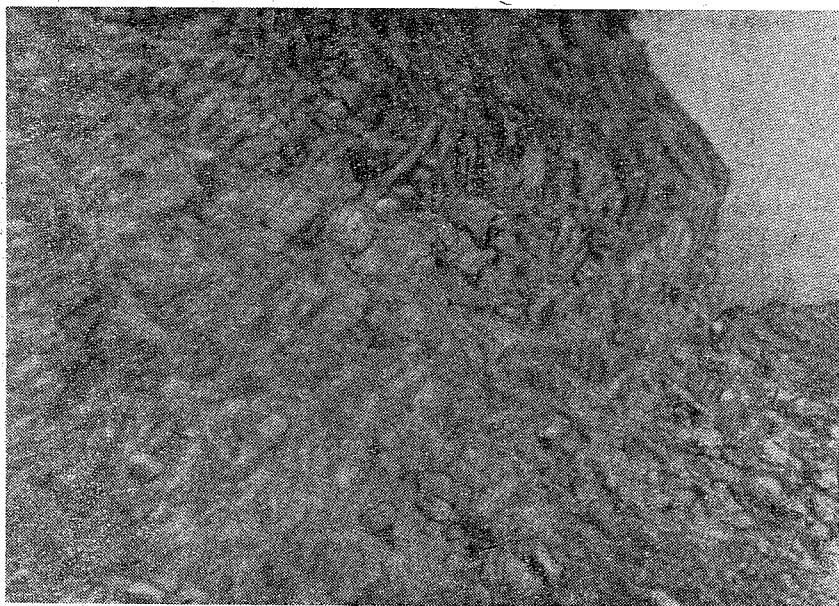


Рис. 9. Элювиальная перегнойно-карбонатная почва на раздробленных, наклонно залегающих ордовикских известняках таллинского горизонта. Карьер у дер. Нижняя

Делювиальные образования, развитые по склонам Кирхгофской и Дудергофской возвышенностей, представлены щебенчатыми осыпями, а у подножия склонов — светло-бурыми суглинками с известняковым щебнем. Предыдущими исследователями делювиальные суглинки с известняковым щебнем также определялись как морена, хотя для

этого нет никаких литологических оснований. Мощность таких суглинков от 1 до 10 м.

Тектоническое строение восточной части Ижорской возвышенности определяется характером поверхности докембрийского кристаллического фундамента, общей формой залегания верхнепротерозойских и палеозойских пород, а также наличием гляциодислокаций.

Поверхность кристаллического фундамента здесь имеет в общем южное направление падения. Верхнепротерозойские и палеозойские толщи в более плавной форме, отражая в общих чертах величину и направление падения фундамента, образуют моноклиналичную структуру с падением к югу под углом до  $1^{\circ}$ . Приведенные элементы залегания показывают, что в широтном направлении глубина залегания палеозойских водоносных горизонтов в нашем районе примерно одинаковая.

В пределах обследованной территории имеет место значительное развитие гляциодислокаций, которые наблюдаются на Кирхгофской и Дудергофской возвышенностях, а западнее — на участке, расположенном между деревнями Александровка, Нижняя, Расколово и г. Красным Селом.

В более ранних работах гляциодислокации на Силурийском (ордовикском) плато описаны в окрестностях г. Павловска М. Э. Янишевским (1932). Образование складчатых и других форм дислокаций в ордовикских отложениях этот исследователь объясняет воздействием ледника и приводит следующие соображения.

1. Тесная связь нарушений с мореной и содержание в моренной толще отторженцев синей нижнекембрийской глины, которая была выдвинута из под дислоцированных слоев ордовика и наволочена вместе с мореной на более молодые породы.

2. Слабая выдержанность линий нарушения пород и изменчивость элементов залегания на небольшом расстоянии.

3. Близость наиболее крупных нарушений к краю глинта, который мог служить упором для бокового давления ледника.

4. Раздробленность известняков на щебень в местах нарушений.

5. Небольшая мощность пород, залегающих на водоупорных пластинных нижнекембрийских глинах.

Что касается Кирхгофской, Дудергофской возвышенностей и других частей исследованной нами территории, указаний о наличии гляциодислокаций, типа наблюдаемого в районе г. Павловска, нет.

В. А. Селиванова и др. (1959) Кирхгофскую и Дудергофскую возвышенности и территорию к юго-западу от них рассматривали как район развития серии морен напора и ледниковых наволоков. Последние имеют относительные высоты до 50 м и более, сложены ледниковыми отторженцами — глыбами, плитами и обломками ордовикских известняков, перемешанных с мореной.

Морены напора и гляциодислокаций в генетическом отношении близкие и даже сходные образования, однако они имеют и существенные различия. Морены напора в рельефе выражены грядами, которые состоят из раздробленных и смещенных местных пород. Гляциодислокации характерны тем, что слой местных пород действием ледника нарушены

в своем залегании на месте и внешне сходны с формами тектонических нарушений.

В. А. Селиванова на склонах Дудергофской возвышенности и в грядях к югу от нее, наблюдая выходы на поверхность ордовикских известняков, раздробленных в щебень, а вниз по склонам переходящих в суглинок, переполненный щебнистыми обломками известняков, вероятно рассматривала эти известняки как раздробленные и смещенные местные коренные породы, смешанные с мореной, а возвышенности и гряды, сложенные такими образованиями, — как морены напора. Наши наблюдения на Кирхгофской и Дудергофской возвышенностях, а также на продолжении их к западу до дер. Расколово в многочисленных карьерах, в которых разрабатывается известняковый щебень, и в естественных обнажениях показали, что в сильно раздробленных известняках имеют место слоистые текстуры.

**Степень** выражения последних увеличивается сверху вниз, в то время как на самой поверхности и на небольшой глубине слоистые текстуры уничтожены выветриванием (рис. 9). Измерения элементов залегания показали, что слои ордовикских известняков смяты в складки, ориентированные поперек господствующего направления движения ледника. Складчатые формы дислокаций характерны для Кирхгофской и Дудергофской возвышенностей, а также для их западного продолжения (рис. 10). Таким продолжением Дудергофской возвышенности является Кавелахтинская гряда с относительной высотой 10—15 м, которая отходит от юго-западного края возвышенности и тянется до дер. Расколово (рис. 11). В выемках по склону гряды вскрываются ордовикские известняки с крутонаклонным падением и северо-восточным простиранием. Западнее дер. Расколово гряда понижается и теряет свое выражение в рельефе. На продолжении Кавелахтинской гряды расположен большой карьер глубиной до 8 м, в котором с поверхности вскрыта морена (песчанистый валунный суглинок мощностью около 2,0 м), а ниже — горизонтально залегающие ордовикские известняки таллинского и кундского горизонтов.

Юго-западным продолжением Кирхгофской возвышенности является Перякуюльская гряда, которая начинается у юго-западного края возвышенности и тянется до западного края дер. Нижней. Против названной деревни на гряде заложен карьер, в котором под элювиальной почвой вскрыты ордовикские известняки таллинского и кундского горизонтов, смятые в крутые изоклиналильные складки (рис. 12).

Гребневые линии и наиболее высокие части возвышенностей и гряд совпадают с крутонаклонными или вертикальными изоклиналильными складками ордовикских известняков. В склонах возвышенностей и в их подножиях складки выполаживаются, а далее слои залегают, почти горизонтально. К положим складкам, а местами к слоям с горизонтальным залеганием приурочены понижения в рельефе, образующие между возвышенностями и грядами замкнутые ложбины, вытянутые в направлении простирания складчатых дислокаций. Замкнутые ложбины здесь являются характерными формами рельефа; размеры ложбин по длине от 200—300 м до 3 км, а по ширине от 100 до 700 м.

Залегание пород в описываемых дислокациях на месте своего образования доказывается тем, что в многочисленных скважинах г. Можайского, пробуренных на склонах Дудергофской возвышенности и на

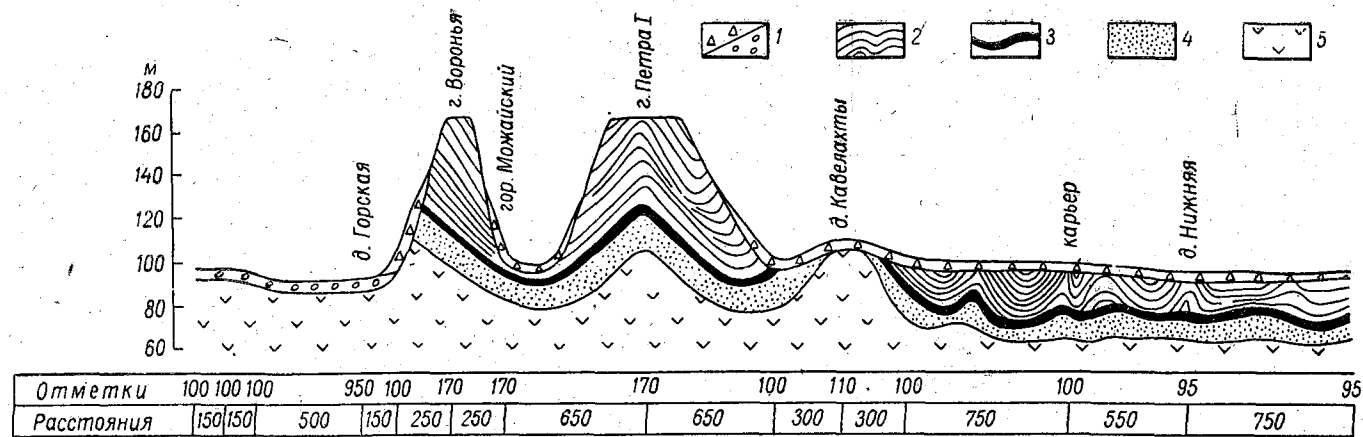


Рис. 10. Схематический геологический разрез по линии дер. Горская, г. Можайский, дер. Нижняя  
 1 — элювиально-делювиальные и моренные отложения, 2 — ордовикские известняки, 3 — диктионемовые сланцы, 4 — кембро-ордовикская толща песков и песчаников, 5 — нижнекембрийские синие глины.

гребневой линии Кавелахтинской гряды, под делювиальными и элювиальными образованиями вскрыта нормальная последовательность стратиграфических и литологических горизонтов ордовикской системы и среднекембрийских отложений, подстилаемых синими нижнекембрийскими глинами. Данные бурения позволяют также судить о том, что синие нижнекембрийские глины не являются пассивными, а участвуют



Рис. 11. Кавелахтинская гряда, на ее гребне шоссе, на заднем плане переходит в Дудергофскую возвышенность, справа впадина



Рис. 12. Слои известняков нижнего ордовика, падение которых к юго-востоку под углом  $40^\circ$

в складчатых дислокациях; их поверхность отражает складчатую форму вышележащих пород. Так, в ядре Кавелахтинской гряды, являющейся усложненной антиклинальной складкой, поверхность синих глин, по данным бурения М. И. Алтухова в 1896 г., имеет отметку 96,5 м, а при нормальном залегании эта поверхность должна иметь отметку не более



70,0 м. Из приведенного видно, что в Кавелахтинской гряде поверхность синих глин приподнята более чем на 25 м против их нормального залегания. В этом поднятии глин М. И. Алтухов правильно усматривал водонепроницаемый подземный барьер для потока ордовикского и кембро-ордовикского водоносных горизонтов, направленного от района г. Красного Села к югу, в сторону пос. Тайцы. Наличием такого барьера объясняется разгрузка подземных вод названных водоносных горизонтов в Дудергофское озеро и р. Дудергофку.

Форма и локальный характер дислокаций исследуемого района, а также условия их проявления совершенно тождественны дислокациям на р. Поповке в окрестностях г. Павловска. Поэтому мы, вслед за М. Э. Янишевским, их образование связываем с действием последнего четвертичного ледника и рассматриваем как гляциодислокацию. М. Э. Янишевский утверждал, что синяя нижнекембрийская глина, содержащаяся в морене в виде отторженцев, была выдавлена ледником из-под дислоцированных слоев ордовика и наволочена вместе с мореной на более молодые породы. Из этого вытекает, что пластичные синие глины под тяжестью ледника приходили в движение и устремлялись в места с меньшей вышележащей нагрузкой. В местах с маломощной кровлей они прорывались на поверхности и захватывались ледником, а слои с более мощной кровлей под влиянием неравномерного вертикального напора сминались в складки. Развивая взгляды М. Э. Янишевского, следует допустить, что образование гляциодислокаций в окрестностях г. Павловска и в нашем районе было связано с диапировыми явлениями. Доказательством наличия диапировой тектоники в исследуемых гляциодислокациях является тот факт, что складки кембро-ордовикских слоев, как правило, имеют куполообразную форму, внутренние части (ядра) которых заполнены синими пластичными кембрийскими глинами.

Особенно наглядно выражены куполообразные складки на Кирхгофской возвышенности, где они вскрыты в многочисленных карьерах и обнажениях. Здесь их размеры составляют 100—300 м и более в поперечнике. Что касается ледниковых наволоков и их роли в строении возвышенности и гряд, обследованной нами площади, то следует отметить следующее. На самых вершинах Кирхгофской и Дудергофской возвышенностей наволочены кембрийские синие глины и пески ижорского горизонта, которые залегают на крутонаклонных слоях ордовикских известняков в виде отторженцев без какой-либо стратиграфической последовательности. С приближением к склонам возвышенностей наволоченные породы исчезают и таким образом существенного значения в их строении не имеют. В сложении Перякульской и Кавелахтинской гряд наличие наволоков нами не установлено.

В пределах Силурийского (ордовикского) плато сильно развиты карстовые процессы, которые изучались в связи с их ролью в поглощении атмосферных осадков и поверхностных вод и гидрогеологическим режимом ордовикского водоносного горизонта. Непосредственными полевыми исследованиями карста Силурийского (ордовикского) плато занимались: Н. Ф. Погребов (1913), П. И. Желтов и Г. Я. Мейер (1934), И. И. Краснов (1953), М. А. Гатальский (1957). Работы сводного и обзорного характера выполняли: А. Ф. Якушева (1949) и Н. В. Родионов (1963).

Названные авторы изучали в различной степени: возрастные этапы развития карста, его форму, геолого-геоморфологические условия проявления, его интенсивность и гидрогеологическое значение.

Рассмотрим кратко состояние изученности карстовых образований карстовой области Силурийского (ордовикского) плато. В истории формирования карста Силурийского (ордовикского) плато выделяется три возрастных этапа: додевонский, последевонский и современный.

Додевонский этап занимал отрезок времени от конца ордовика до среднего девона. Карстовые процессы проявлялись как на поверхности, так и внутри известняковой толщи пород. Образовавшиеся при этом подземные карстовые полости и поверхностные воронки были погребены под девонскими отложениями. При вскрытии карстовых форм этого времени речными долинами и горными выработками обнаружено, что они заполнены песками и глинами с остатками среднедевонской фауны.

Последевонский этап захватил отрезок времени от конца девона до четвертичного оледенения. В течение этого времени происходило оживление додевонского карста и закарстовывание известняково-мергельных пород среднего девона. Во время четвертичного оледенения развитие карстовых процессов временно было приостановлено.

Современный этап развития коррозионных процессов в карбонатных породах начался со времени отступления ледника. Они охватили всю толщу карбонатных пород и наложались на первые два цикла. При трансгрессиях и регрессиях ледниковых пресноводных бассейнов коррозионные процессы то ослабевали, то усиливались.

Карбонатные породы на Силурийском (ордовикском) плато имеют мощность от 10 до 50—60 м. Небольшая мощность является неблагоприятным условием для развития карстовых форм. В карбонатных породах Прибалтики развиты вертикальные тектонические трещины северо-восточного (50—60°) простирания и других направлений (северо-западного 320°). Система северо-восточных открытых и закарстованных трещин образовалась до проявления первого этапа карстовых процессов, а система северо-западных и других направлений сомкнутых трещин образовалась после отложения среднедевонских пород, так как последние пересечены ими. Эти трещины подвергались воздействию растворения в более поздние этапы карстообразования. Кроме тектонических и литогенетических (пластовых) трещин, в кровле до глубины около 4 м карбонатные породы разбиты густой сетью трещин и раздроблены под воздействием давления и движения ледника. Весь комплекс трещин обусловил свободный доступ воды в толщу карбонатных пород и развитие в них карста.

По химико-минералогическому составу известняки характеризуются значительным разнообразием. Содержание нерастворимого остатка изменяется от 0,96 до 20,23%. По данным П. И. Желтова, известняки волховского, кундского и таллинского горизонтов характеризуются таким составом: (см. табл. 5).

Из приведенных данных следует, что залегающие здесь известняки в минералогическом отношении являются кальцитовыми и доломитизированными, а по содержанию нерастворенного остатка варьируют от чистых карбонатных пород до мергелистых известняков.

В историческом аспекте геологические условия развития карстовых процессов неодинаковы. Так, в додевонское и последевонское время кар-

Таблица 5

| Горизонт.         | Нерастворимый остаток | CaO   | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------------------|-----------------------|-------|------|----------------------------------------------------------------|
| O <sub>2</sub> te | 7,70                  | 49,09 | 0,75 | 2,08                                                           |
| O <sub>0</sub> kd | 12,0                  | 39,37 | 5,01 | 6,16                                                           |
| O <sub>1</sub> vl | 17,16                 | 37,20 | 2,31 | 8,81                                                           |

бонатные породы Силурийского (ордовикского) плато обнажались на поверхности и подвергались водной коррозии. В современный период все предыдущие исследователи принимают, что карбонатные породы плащеобразно покрыты четвертичными слабоводопроницаемыми нерастворимыми песчано-глинистыми породами, в первую очередь валунными суглинками и глинами мощностью от 1—2 до 5 м и более, которые предохраняют карбонатные породы от повсеместного воздействия атмосферных и поверхностных вод.

Процессы растворения создают в карбонатных породах Силурийского (ордовикского) плато подземные и поверхностные карстовые формы.

Подземные формы выражены кавернами, каналами и полостями, которые развиваются по трещинам и зонам разлома северо-восточного простирания, по трещинам северо-западного и других направлений, по трещинам напластования и в трещиноватых зонах древней коры выветривания. Карст тектонических трещин северо-восточного простирания выражен наиболее резко. Величина карстовых каналов весьма различна, чаще всего встречаются каналы, измеряемые сантиметрами и десятками сантиметров. Однако встречаются полости объемом до 1 и 3 м<sup>3</sup>. Древние карстовые каналы до 50—60% от их общего обнаруженного количества заполнены глиной и представляют собой «мертвый» подземный карст. Общий наибольший объем подземных пустот в известняках приурочен к верхним горизонтам и достигает не более 3%. С углублением до 20—40 м и этот объем резко падает и достигает всего 0,2%. Такой же закономерности подчиняется распределение активной скважности в известняках, изученной опытными откачками. В верхних горизонтах она достигает 28%, а в нижних уменьшается до 0,5% (М. А. Гатальский, 1957).

Поверхностные карстовые формы проявляются в речных долинах и на водораздельном плато. В речных долинах развиты поноры, поглощающие речные воды. На водораздельном плато наблюдаются слепые долины-суходолы и многочисленные воронки, рассеянные почти повсеместно.

Слепые долины-суходолы являются остатками раннечетвертичной гидрографической сети Силурийского (ордовикского) плато, которая прекратила существование вследствие перехода поверхностного стока в подземный. Такие долины хорошо выражены в центральной части Ижорской возвышенности, в верховьях рек Ижоры, Воронки, Систы, Хревицы и др.

Карстовые воронки распространены неравномерно. Наибольшее развитие они получают по дну и склонам слепых долин-суходолов, по склонам речных долин, у края болот, на ровных слабоволнистых бессточных повышенных участках. По форме в плане они округлые, грушевидные и вытянутые; размер их в поперечнике от 2 до 50 м и более, глу-

бина от 1—2 до 15 м, а крутизна склонов достигает 45°. По характеру образования различают: карстовые воронки поверхностного выщелачивания и воронки суффозии покровных образований. Воронки первого генетического типа, как правило, связаны с додевонским и доледниковым периодами карстообразования, когда поверхность карбонатных пород была открытой. Такие воронки скрыты под девонскими и четвертичными отложениями и выявляются только горными выработками. Суффозионные воронки являются наиболее распространенной формой проявления современного активного карста. В местах, где четвертичные отложения имеют небольшую мощность, эти воронки имеют небольшую величину, а где мощность покровных отложений увеличивается, они достигают больших размеров (М. А. Гатальский, 1957).

Направления слепых долин-суходолов, а также воронок, вытянутых в цепочку, совпадают с северо-восточным и северо-западным простиранием тектонических трещин в ордовикских известняках, что указывает на использование эрозионными и коррозийными процессами ослабленных зон в коренных породах.

Об интенсивности современного проявления карстовых процессов можно судить по величине поверхностного и подземного растворения карбонатных пород и отчасти по плотности размещения поверхностных карстовых форм. Данные по интенсивности растворения приводятся М. А. Гатальским для Таицких, Орловских и Демидовских ключей, которые имеют дебит по многолетним наблюдениям  $40000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Среднее содержание в воде кальцита и доломита составляет  $0,257 \text{ г/л}$ , что дает  $3752 \text{ т/год}$  и соответствует ежегодному растворению и выщелачиванию  $1443 \text{ м}^3$  карбонатных пород восточной части Ижорского плато.

Представление о плотности расположения карстовых воронок на Ижорской возвышенности в зависимости от мощности четвертичного покрова дает таблица П. И. Желтова (табл. 6), которым на площади  $700 \text{ м}^2$  отмечено около 1800 воронок.

Таблица 6

| Мощность четвертичных отложений в м       | 0,5—1,0 |        | 1,0—2,0 |        | 2,0—5,0 |        | > 5    |        |
|-------------------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Общее количество воронок и плотность      | кол-во  | плотн. | кол-во  | плотн. | кол-во  | плотн. | кол-во | плотн. |
|                                           | 578     | 3,0    | 584     | 2,6    | 352     | 1,2    | 85     | 3,7    |
| Площадь распространения в км <sup>2</sup> | 253     | —      | 218     | —      | 204     | —      | 24     | —      |

Приведенные данные наглядно свидетельствуют о том, что с увеличением мощности четвертичного покрова интенсивность карстовых процессов уменьшается. Однако такому выводу противоречат данные, приведенные в последней графе, где при мощности более 5 м плотность воронок наибольшая. Следует полагать, что здесь допущены какие-то ошибки при первичных наблюдениях.

Четвертичные отложения мощностью 0,5—1,0 м на площади  $233 \text{ км}^2$  и мощностью 1,0—2,0 м на части площади П. И. Желтовым приняты как валунные суглинки. На самом деле это, вероятно, элювиальные образования, возникшие из нерастворимой примеси, содержащейся в ордовикских карбонатных породах до 20%.

Приведенный краткий обзор изученности карстовых образований касается только части Ижорской возвышенности, западнее линии Крас-

ное Село — Гатчина. Если же учесть, что современные поверхностные формы в должной мере изучались П. И. Желтовым и Г. Я. Мейером только на площади к западу от линии Красное Село — Скворица, то станет ясным, что на восточной части Ижорской возвышенности, являющейся площадью нашего исследования, карстовые образования до настоящего времени оставались, по существу, неизученными.

Наши исследования показали, что в пределах карстовой области Силурийского (ордовикского) плато можно выделить особый карстовый район. Последний занимает Кирхгофскую и Дудергофскую возвышенности, а к западу от них — площадь, ограниченную линией, проходящей через с. Александровку, дер. Расколово и южный край г. Красного Села. На участке в очерченных границах ордовикские карбонатные породы воздействием ледника смяты в крутые складки, что явилось их причиной раздробления и увеличения мощности от 10—15 м и до 50 м и более. Дислоцированные карбонатные породы местами образуют обнаженные выходы, но обычно они покрыты плащем элювиальных суглинков мощностью до 1—2 м, образовавшихся за счет поверхностного растворения и выщелачивания мергелистых известняков.

Оценивая геолого-геоморфологические условия, приведенные выше, можно наметить положение нашего карстового района в системе комплексной классификации карста, по Г. А. Максимовичу (1963), а именно: это современный, покрытый (подэлювиальный), мелкий и средний по мощности карст, развивающийся в условиях холмисто-равнинного рельефа на дислоцированных раздробленных, сильно трещиноватых, карбонатных породах, залегающих на водоупоре выше базиса эрозии, в которых процессы растворения и выщелачивания вызываются нисходящим и отчасти горизонтальным движением подземных вод.

Раздробленность и мелкая густая трещиноватость пород не способствуют развитию крупных подземных пустот, наоборот — здесь характерными являются густо расположенные поверхностные карстовые формы: котловины, эрозионно-карстовые впадины, ложбины, воронки и карстовые озера.

Котловины распространены на равнинах, прилегающих к Дудергофской и Кирхгофской возвышенностям. Они имеют крупные размеры, округлую (в поперечнике до 500 м) или овальную форму (рис. 13), вытянутую по длинной оси до 1—2 км и более в направлении простираания ледниковых дислокаций с пологими склонами. Ширина котловин от 200 до 1000 м, а глубина их 20—30 м. Котловины разделяются широкими грядами с пологими склонами, что придает поверхности характерный волнистый рельеф. Образование котловин наиболее вероятно связано с



Рис. 13. Впадина на равнине между Дудергофской и Кирхгофской возвышенностями

гляциодислокациями. Возникшие таким образом на поверхности сильно трещиноватых и растворимых пород котловины остались сухими и бессточными и в течение послеледникового времени испытывали воздействие карстовых процессов. Котловины Ижорской возвышенности по своей величине и особенностям развития, вероятно, являются своеобразными полями, которые, развиваясь в условиях средневропейского климата на породах, содержащих значительное количество нерастворимых примесей, приобрели морфологический облик, не сходный с классическими полями средиземноморского карста.

Эрозионно-карстовые впадины, как характерные формы, свойственны и Кирхгофской возвышенности. Здесь по относительно пологим и длинным склонам от платообразной вершины веерообразно в западном, юго-западном и восточном направлениях расходится сеть сухих долин-балок. Почти каждая из таких долин открывается в замкнутую впадину, являясь таким образом слепыми долинами. Впадины, у которых долины согласуются с простиранием гляциодислокаций, в плане имеют овальную форму и достигают больших размеров. Размеры их по длинной оси до 1 км, ширина до 300 м и глубина до 20—30 м. Короткие поперечные долины имеют форму оврагов и заканчиваются воронками до 100 м в поперечнике, и глубиной 30—40 м. На Дудергофской возвышенности, имеющей крутые склоны, развиты главным образом эрозионные сухие долины, которые открываются в западном направлении к г. Можайскому. Долина, разделяющая Воронью гору и гору Петра Первого и соединяющая г. Можайский с деревней Перякюля является сквозной долиной. В середине горы Петра Первого самая крупная сухая долина имеет на дне замкнутую карстовую впадину, занятую озером.

Днища эрозионно-карстовых впадин располагаются на высоте 110—115 м, т. е. в какой-то мере согласуются с уровнем террасы I Балтийского ледникового озера, обрамляющей Кирхгофскую и отчасти Дудергофскую возвышенности. Отсюда можно полагать, что эрозионные долины на возвышенностях были заложены после таяния ледника, а их поверхностный сток был заменен подземным после отступления I Балтийского ледникового озера. Замена поверхностного стока подземным явилась условием развития замкнутых впадин на дне эрозионных долин под действием нисходящего направления движения подземных вод.

Карстовые ложбины представляют собой долинообразные замкнутые впадины, не имеющие видимой связи с эрозионными формами (рис. 14). Они развиты на восточной части Кирхгофской возвышенности и на равнинах, прилегающих к возвышенностям. Ориентировка ложбин согласуется с простиранием гляциодислокаций. Их долина достигает нескольких сот метров, ширина — нескольких десятков, а глубина до десяти и более метров. Условия и причины образования этих резко выраженных долинообразных впадин нами выяснены недостаточно. Однако уже теперь можно полагать, что условия образования нужно искать почти для каждой такой впадины особо, поскольку по форме и размерам они варьируют в значительных пределах.

Карстовые воронки, как более мелкие формы, наблюдаются в котловинах, эрозионно-карстовых впадинах и в ложбинах, а также развиты самостоятельно. По форме они бывают: блюдцеобразные (рис. 15), воронкообразные и реже — цилиндрические (рис. 16). Размер воронок



Рис. 14. Карстовая ложбина северо-восточного направления длиной 300 м, шириной 35 м, глубиной 10 м. На дне колодец глубиной 10 м (дер. Саксово)



Рис. 15. Блюдцеобразная воронка, размер в поперечнике 60 м, глубина 10 м (дер. Нижняя)



в поперечнике от 2—3 до 50 м и более, глубина от 0,5—5 до 30 м. Изучая зависимость развития и распространения карстовых воронок от характера и мощности четвертичного покрова на исследованной площади, мы пришли к следующему выводу: на междуречных пространствах с нормальным покровом валунных суглинков мощностью не менее 2 м воронки отсутствуют и встречаются только на склонах речных долин и на площадках эрозионных террас в местах отсутствия нормального четвертичного покрова. Исходя из этих предварительных наблюдений, следует критически пересмотреть данные Н. И. Желтова о зависимости распространения воронок от мощности четвертичных отложений. Кроме того, необходимо пересмотреть и генетическую природу пород четвертичного покрова, которые упомянутым автором повсеместно приняты за валунные суглинки.



Рис. 16. Карстовая воронка на дне ложбины у дер. Саксово. Размер  $20 \times 10$ , глубина 2 м.

М. А. Гатальский вслед за Н. Ф. Погребовым, вопреки представлениям П. И. Желтова, считают почти все воронки Прибалтийского карста суффозионного происхождения. Наши наблюдения позволяют утверждать, что для исследуемого карстового района, наоборот, почти все воронки образовались за счет поверхностного растворения, т. е. имеют корразионное происхождение.

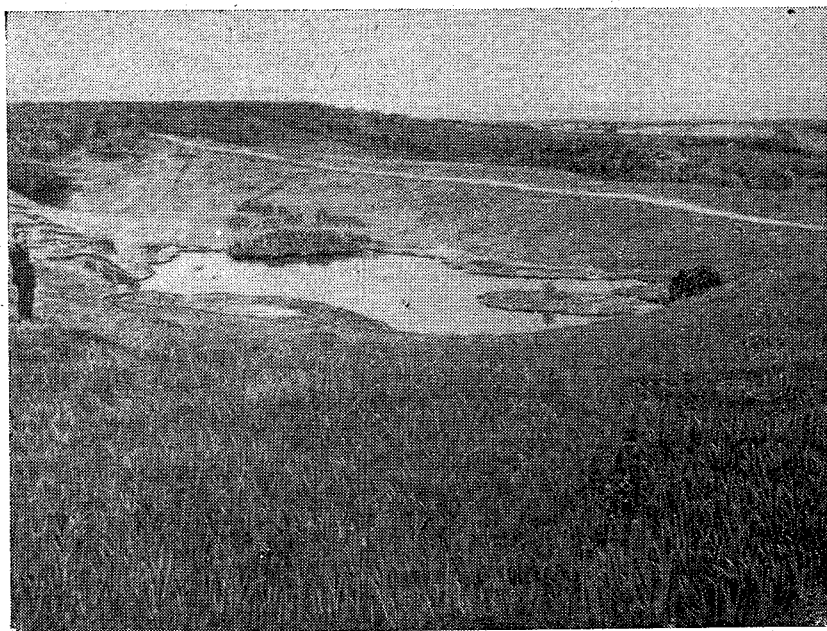
Карстовые озера (рис. 17) встречаются в большом количестве на Кирхгофской возвышенности и только одно озеро встречено на Дудергофской возвышенности. В своем распространении озера приурочены к карстовым воронкам, эрозионно-карстовым впадинам и ложбинам.

Значение карстового района в питании подземных вод ордовикского водоносного горизонта исследуемой площади несомненно. На всей этой территории развития карстовых форм нет ни одного поверхностного



водотока — ручья или реки. Следовательно, все атмосферные осадки, за исключением той их части, которая испаряется, поглощаются карстовыми котловинами, впадинами, ложбинами, воронками и отводятся в глубину на пополнение запасов ордовикского водоносного горизонта.

К югу и юго-востоку от описанного карстового района на абради-рованной моренной и слабохолмистой моренной равнинах в области рас-



ис. 17. Озеро на дне карстовой воронки овальной формы. Размер  $100 \times 60$ , при глубине 15 м (южный склон Кирхгофской возвышенности)

пространения ордовикского водоносного горизонта поверхностные карстовые формы нами не наблюдались. Однако здесь развиты подземные карстовые формы. Последние представлены пустотами, полостями и каналами, образовавшимися путем коррозионного воздействия подземных вод на известняки по тектоническим трещинам и трещинам напластований. Подземные карстовые образования являются коллекторами подземных вод, о чем свидетельствуют такие данные. Рекам Пудость и Вережка дают начало мощные источники. В ряде колодцев и скважин пос. Тайцы не удастся значительно понизить уровень, несмотря на усиленный водозабор и мощный водоотлив.

## 2. Гидрогеологические условия

Геологическое строение Силурийского (ордовикского) плато, равнинный характер его поверхности с наличием бессточных понижений и карстовых воронок, а также избыточное увлажнение создают здесь благоприятные условия для инфильтрации атмосферных осадков и формирования водоносных горизонтов.

По данным разрезов буровых скважин в исследованном районе можно выделить пять водоносных горизонтов:

- 1) горизонт грунтовых вод комплекса ледниковых отложений,
- 2) водоносный горизонт карбонатной толщи ордовика,
- 3) водоносный горизонт песчаной толщи кембро-ордовика,
- 4) водоносный горизонт песчаной толщи нижнего кембрия,
- 5) водоносный горизонт песчаной толщи гдовских отложений.

Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к песчаным линзам и прослоям, спорадически встречающимся, среди толщи моренных суглинков. В литологическом отношении ледниковые пески представлены средне- и мелкозернистыми разностями, часто с примесью пылеватых и глинистых частиц. Мощность песчаных линз и прослоев весьма изменчива и при выклинивании их песчаные отложения сменяются валунными супесями и суглинками.

Грунтовые воды ледниковой толщи встречаются во многих колодцах на территории Силурийского (ордовикского) плато на глубине от 0,2 до 2,5 м и только в восточной части обследованного района глубина залегания их увеличивается до 6,0—9,0 м от поверхности.

Водообильность рассматриваемого горизонта, как правило, незначительная и дебиты колодцев изменяются в пределах от десятых долей до нескольких кубометров в сутки.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на площади распространения песчаных разностей моренных отложений, вследствие чего режим водоносного горизонта отличается непостоянством и многие колодцы в конце лета и зимой быстро вычерпываются.

Качество воды по визуальным наблюдениям часто совершенно неудовлетворительно ввиду значительного поверхностного загрязнения.

Учитывая локальное распространение, слабую водообильность и низкое качество воды, следует полагать, что водоносный горизонт, приуроченный к толще четвертичных отложений, не представляет интереса с точки зрения улучшения водоснабжения района.

Непосредственно под четвертичными отложениями повсеместно в исследованном районе залегает карбонатная толща ордовика, представленная пластами трещиноватых, закарстованных известняков и реже доломитизированных известняков и доломитов.

Водоносный горизонт, приуроченный к карбонатной толще, трещино-пластовый, безнапорный и залегает неглубоко от поверхности земли. Уровни воды в зависимости от рельефа местности располагаются в колодцах на глубине 0,4—6,0 м, а в скважинах от 3,5—7,0 до 20—30 м.

Подземные воды карбонатной толщи ордовика имеют большое количество значительных выходов на поверхность в виде единичных и групповых источников и ключей. Такие выходы наблюдаются вдоль подножий глинта у северных границ района исследований, а также по долинам рек, вдоль восточных и южных границ и наконец значительные источники встречаются в пределах местных понижений, на территории плато. К числу последних относятся такие мощные выходы как Таицкие, Орловские, Демидовские и другие ключи.

Рассматриваемый водоносный горизонт распространен повсеместно в пределах исследованного района, однако мощность и водообильность его заметно меняются в направлении падения пластов карбонатной толщи, т. е. с северо-северо-запада на юго-юго-восток. Так, например,

мощность водоносной толщи известняков в районе пос. Ропши и г. Можайского, расположенных в пределах глинта, составляет всего 10—15 м, в то время как далее на юг в пос. Тайцы она достигает 37—40 м, а еще южнее в пос. Сиверский 54 м и более.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, выпадающих на всей территории Силурийского (ордовикского) плато, в связи с чем независимо от падения пластов, движение подземных вод направлено от центра плато к периферии его, равномерно во все стороны. Таким образом, в пределах исследованного района преобладающее направление движений подземных вод юго-восточное и только в северной части района, это направление под влиянием гляциотектоники меняется на северное и северо-восточное.

В карбонатной толще ордовика отчетливо выделяются две водоносные зоны, отличающиеся одна от другой по водообильности и качеству воды.

К верхней зоне относится толща трещиноватых, закарстованных известняков до глубины 15—20 м от поверхности земли. Верхняя часть этой зоны располагается в пределах сезонных колебаний уровней воды, амплитуда которых достигает 2,5—3,5 м. Водопроницаемость трещиноватых известняков здесь измеряется значением коэффициента фильтрации, достигающим сотен метров в сутки.

В период высокого стояния уровней воды водообильность верхней части зоны наиболее высокая, а ниже в связи с уменьшением трещиноватости известняков водообильность заметно уменьшается.

По данным многолетних наблюдений Северо-Западной гидрогеологической станции ВСЕГИНГЕО установлено, что уровень вод и дебиты источников имеют два максимума и два минимума в год. Первый максимум наступает в период весеннего снеготаяния, во время которого уровень подземных вод поднимается на 2,0—2,5 м. Второй максимум наступает в период осенних дождей, когда уровень поднимается примерно на 1,0 м.

Летний минимум совпадает с периодом наиболее высоких температур воздуха и связанной с этим высокой испаряемостью (июль — август); зимний минимум наблюдается перед снеготаянием.

По данным той же станции амплитуда колебаний уровня воды в колодце в пос. Тайцы составляла: в 1956 г. — 2,43 м; 1958 г. — 3,25 м; в 1960 г. — 1,63 м; 1962 г. — 2,15 м.

Кроме непостоянства уровней и расходов потока, для верхней зоны характерно свободное сообщение ее с поверхностью, как следствие этого, наличие бактериального загрязнения воды, установленное по данным многочисленных анализов. Влияние поверхностного загрязнения распространяется до глубины 15—20 м и на этой глубине нами условно проводится нижняя граница верхней зоны ордовикского водоносного горизонта.

Нижняя зона, в связи с уменьшением трещиноватости и водопроницаемости известняков, менее водообильна, но зато содержит чистую воду, без следов бактериального загрязнения. Коэффициенты фильтрации известняков нижней зоны изменяются в пределах от 3 до 30 м/сутки.

По физическим, химическим и бактериологическим свойствам воды нижней зоны вполне удовлетворительного качества (коли-титр более 333).

По химическому составу воды известняков в основном относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. Ионный состав их может быть выражен формулой Курлова:  $M_{0,3} \frac{HCO_{88}^3 Cl_{12}}{Ca_{58} Mg_{42}}$ .

Степень минерализации вод преимущественно невысокая и составляет 0,3—0,9 г/л. Общая жесткость воды равна 4,3—10,8 мг-экв устранимая — 3,12—6,0 мг-экв рН изменяется в пределах 7,1—7,7. Содержание показателей загрязнения (аммиак, нитраты, нитриты, сероводород и др.) незначительно, и эти элементы обнаружены только в отдельных пробах воды.

На основании приведенных характеристик ордовикского водоносного горизонта его можно считать из основных источников улучшения и оздоровления водоснабжения исследованного района.

Карбонатная толща ордовика подстилается непостоянным по распространению горизонтом диктиономовых сланцев, ниже которых развита мощная толща песков и песчаников нижнего ордовика и кембрия. К этой толще приурочен третий водоносный горизонт — кембро-ордовикский.

Пески и рыхлые песчаники кембро-ордовика представлены мелко- и среднезернистыми разностями общей мощностью в пределах обследованного района около 10 м. В связи с непостоянством распространения диктиономовых сланцев водоносный горизонт кембро-ордовика имеет гидравлическую связь с водами карбонатной толщи ордовика, что подтверждается почти одинаковым положением статических уровней воды обоих горизонтов.

Подстилается кембро-ордовикский водоносный горизонт мощной толщей синих кембрийских глин, которые надежно изолируют его от нижележащих горизонтов.

Воды кембро-ордовикских отложений напорные, пластово-порового, а местами трещинного типа. Глубина залегания водоносного горизонта составляет в г. Можайском 30 м, а в пос. Тайцы 32,6 м. Статические уровни располагаются соответственно на глубинах 19,5 м и 2,25 м.

Основное питание водоносный горизонт получает за счет проникновения вод из карбонатной толщи ордовика, в связи с чем и распределение статических уровней и направление движения кембро-ордовикских вод в общих чертах повторяет рассмотренную ранее схему движения вод карбонатной толщи ордовика.

Водообильность водоносного горизонта к югу от зоны гляциодислокаций, как правило, высокая и удельные дебиты скважин достигают 2,0—3,5 л/сек. Однако в предглинтовой полосе Силурийского (ордовикского) плато в связи с гляциотектоникой и нарушением залегания водоносного горизонта удельные дебиты скважин резко снижаются и составляют всего 0,13—0,20 л/сек (г. Можайский).

По химическому составу воды описываемого комплекса относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. Солевой состав воды из скважины в пос. Тайцы может быть выражен формулой Курлова:

$$M_{0,44} \frac{HCO_{84}^3 SO_{11}^4}{Ca_{537} Mg_7}$$

Степень минерализации в пределах до 0,8 г/л, рН — 7,56. Общая жесткость составляет 9,1—13,0 мг-экв, а устранимая — 3,3 мг-экв. Загрязняющие вещества отсутствуют.

По бактериологическим анализам воды из скважин чистые, пригодные для питьевого водоснабжения, коли-титр более 333.

В целом водоносный горизонт кембро-ордовика в связи с высокой водообильностью и хорошим качеством воды является вторым значительным источником улучшения и оздоровления водоснабжения населенных пунктов обследованного района.

По данным опорного бурения в сопредельных районах (поселки Стрельна и Сиверский) ниже кембро-ордовикского водоносного горизонта, в пределах Силурийского (ордовикского) плато залегают еще два водоносных горизонта, один из которых приурочен к толще надляминоритовых песчаных отложений, а второй к пескам и песчаникам гдовской толщи.

По разрезам опорных скважин надляминаритовый горизонт залегает на глубине 212—269 м, а гдовский — на глубине 321—456 м. Однако оба эти горизонта содержат воды повышенной и высокой минерализаций от 3 до 12 г/л и для питьевого водоснабжения не пригодны.

Учитывая это обстоятельство, рассматриваемые водоносные горизонты могут представлять интерес в бальнеологическом отношении, что же касается улучшения и оздоровления питьевого водоснабжения, то для этой цели они не имеют значения.

### **3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию**

На основании выводов, сделанных в предыдущем разделе, основными источниками для улучшения и оздоровления водоснабжения населенных пунктов обследованного района могут служить лишь два водоносных горизонта: водоносный горизонт карбонатной толщи ордовика и водоносный горизонт песчаной толщи кембро-ордовика.

Водоносный горизонт, приуроченный к карбонатной толще ордовика, характеризуется наличием трещинно-карстовых вод. Трещиноватость и закарстованность карбонатной толщи изменяется в широких пределах как по разрезу водоносного горизонта, так и по площади его распространения, в связи с чем также широко изменяется водопроницаемость и водообильность ордовикского горизонта.

Обследование колодцев и мелких скважин, эксплуатирующих верхнюю зону ордовикского горизонта, показало, что водопроницаемость сильно трещиноватых и закарстованных известняков верхней зоны в десятки раз превышает водопроницаемость пород, слагающих нижнюю зону ордовикского горизонта. Имеется основание полагать, что и по площади распространения водопроницаемость карбонатной толщи также не везде одинакова, ибо помимо закономерного уменьшения закарстованности от периферии плато к его центру, в северной части района исследований имеют место значительные нарушения в залегании ордовикских известняков, связанные с гляциодислокациями, что не могло не отразиться на степени их трещиноватости.

Учитывая эти условия оценка водообильности ордовикского водоносного горизонта может быть произведена не только на основании данных изучений дебита и режима источников, скважин и колодцев, но и также на основании материалов исследования подземного стока и балансовых расчетов на территории Силурийского (ордовикского плато).

Оценка естественных ресурсов подземных вод балансовым методом основывается на анализе величин, обуславливающих поверхностный и подземный сток, по уравнению

$$Q = x - y - z,$$

где  $Q$  — подземный сток в мм слоя,  $x$  — годовая сумма осадков в мм слоя,  $y$  — поверхностный сток в мм слоя,  $z$  — испарение в мм слоя.

Принимая среднюю годовую сумму осадков равной 600 мм, испарение — 300 мм, можно полагать, что поверхностный и подземный сток составляет в целом около 300 мм или 50% суммы осадков.

Однако, учитывая, что ни в центральной части Силурийского (ордовикского) плато, ни в исследованном районе нет выраженных путей поверхностного стока, а также имея в виду наличие на поверхности плато развитых карстовых форм рельефа, можно полагать, что почти вся сумма осадков, за исключением испарения, идет на питание подземных вод. Таким образом, доля подземного стока составляет не менее 40% от суммы осадков или 240 мм слоя в год.

Вычисленный по этим данным модуль подземного стока для всего района исследований составляет около 7,6 л/сек км<sup>2</sup>.

Полученное значение модуля подземного стока не будет преувеличенным, если иметь в виду, что для карстовых районов инфильтрация нередко достигает 40% — 50% от суммы осадков. Это подтверждается и данными многолетних наблюдений Северо-Западной гидрогеологической станции, согласно которым, модули подземного стока для разных районов Силурийского (ордовикского) плато изменяются в пределах от 4,4 до 13,6 л/сек км<sup>2</sup>, а средний модуль по плато достигает 9 л/сек км<sup>2</sup>.

По исследованиям упомянутой станции отдельные элементы водного баланса на территории Силурийского (ордовикского) плато представляются в следующем виде.

Из общей суммы атмосферных осадков расходуется в разные годы:

|                                                      |               |
|------------------------------------------------------|---------------|
| на испарение . . . . .                               | от 41 до 61%, |
| на родниковый сток . . . . .                         | от 30 до 48%, |
| на просачивание в более глубокие горизонты . . . . . | от 3 до 23%.  |

По данным специальных наблюдений отдельные крупные воронки на поверхности плато могут поглощать за период снеготаяния до 90000 м<sup>3</sup> воды, а во время наиболее интенсивного снеготаяния до 4000 м<sup>3</sup>/сутки. Все эти данные указывают на высокую водообильность водоносных горизонтов Силурийского (ордовикского) плато и, следовательно, их весьма значительные эксплуатационные возможности. Однако водообильность водоносных горизонтов не везде одинакова и изменяется на территории плато в широких пределах в зависимости от трещиноватости и закарстованности водоносных пород, а также от условий питания и дренирования водоносного горизонта.

Так, например, дебиты скважин изменяются от 1—2 до 20—40 л/сек, а дебиты одиночных источников от 0,5 до 100 л/сек и групповых источников от 300 до 500 л/сек.

В подобных условиях, естественно, не следует ограничиваться общими выводами о водообильности водоносных горизонтов и необходимо исследовать эксплуатационные возможности водоносного горизонта применительно к каждому населенному пункту.

Как установлено в процессе обследования водопунктов района, все колодцы и мелкие скважины, эксплуатирующие верхнюю зону ордовикского горизонта, в начале лета весьма водообильны.

Так, например, опытная откачка, произведенная из колодца, расположенного в пос. Тайцы (во дворе геофизической базы), глубиной до дна всего 3,75 м со столбом воды 2,2 м, показала, что после 8 часов интенсивного отбора воды, при дебите 4,28 л/сек, уровень воды удалось понизить лишь на 0,34 м. Значение коэффициента фильтрации составило более 500 м/сутки.

Совсем иная картина наблюдалась при откачке из глубоких скважин, эксплуатирующих нижнюю менее трещиноватую и менее закарстованную зону водоносного горизонта. Коэффициент фильтрации в этом случае составлял от 1,5—3 до 15—30 м/сутки.

В условиях такого строения водоносного горизонта основная часть годового расхода потока проходит в верхней трещиноватой и закарстованной зоне карбонатной толщи.

Нижняя зона ордовикского горизонта выгодно отличается большим постоянством дебитов скважин. Однако эксплуатационные возможности скважин, у которых водопримные фильтры расположены в нижней зоне, заметно снижаются.

Тем не менее для улучшения и оздоровления водоснабжения были рекомендованы только скважины с глубоким заложением фильтров и по данным опытных откачек рассчитаны для них эксплуатационные дебиты при оптимальных понижениях уровня воды в скважинах.

Результаты расчетов показали, что для всех обследованных населенных пунктов, за исключением г. Можайского и пос. Ропши, расположенных вблизи глинта, достаточно оставить для эксплуатации 27 наиболее глубоких скважин, которые могут полностью покрыть потребности района в воде при условии организации централизованного водоснабжения во всех населенных пунктах.

Упомянутые 27 скважин при рациональной их эксплуатации могут дать суммарный дебит в размере до 16000 м<sup>3</sup>/сутки, что превышает потребности района в воде.

Рассмотренный водоносный горизонт, приуроченный к карбонатной толще ордовика, широко используется на территории Силурийского (ордовикского) плато, причем наиболее крупные водопотребители такие как города Пушкин, Павловск, Гатчина, Петродворец, пос. Стрельна, города Ломоносов, Красное Село и др. используют в основном родниковый сток. Однако по материалам Северо-Западной гидрогеологической станции для водоснабжения используется всего около 3% родникового стока, что позволяет сделать вывод о полной обеспеченности растущей потребности района в воде на много лет.

Второй водоносный горизонт, приуроченный к песчаным отложениям кембро-ордовика, вскрыт в районе исследований всего восемь скважинами, из которых три заложены в г. Можайском и пять скважин в пос. Тайцы. Как указывалось ранее, водоупор между карбонатной толщей ордовика и песчаными отложениями кембро-ордовика не является надежным изолятором рассматриваемых водоносных горизонтов, вследствие чего результаты балансовых расчетов, приведенные для ордовикского горизонта, можно распространить и на кембро-ордовикский водоносный комплекс.

Вообще, в связи с водообильностью ордовикского горизонта, воды кембро-ордовика в исследованном районе почти не эксплуатируются. Исключение составляет г. Можайский, расположенный вблизи глинта, где водообильность ордовика значительно снижена. Тем не менее воды кембро-ордовика представляют здесь несомненный интерес и заслуживают хотя бы краткой характеристики. Несмотря на несколько большую глубину залегания, водоносный комплекс кембро-ордовика выгодно отличается от ордовикского горизонта тем, что воды его лучше изолированы от поверхности и совершенно чисты в санитарном отношении, режим более постоянен по сезонам и водообильность его, за исключением предглинтовой полосы, довольно высокая.

Для характеристики водообильности кембро-ордовикского комплекса центральной части исследованного района, имеется только одна надежная скважина, заложенная в пос. Тайцы (в районе Орловских ключей). Эта скважина вскрыла водоносную толщу ордовика на глубине от 2,4 до 31,6 м, затем прошла 1,06 м в слое диктионемовых сланцев и ниже была углублена в песчаную толщу кембро-ордовика до водоупора, который здесь залегает на глубине 41,94 м.

Установившийся уровень воды зарегистрирован для ордовикского горизонта на глубине 2,15 м, а для кембро-ордовикского горизонта на глубине 2,25 м от поверхности земли. Таким образом, напор кембро-ордовикского горизонта составляет 30,36 м от кровли его.

Откачка из скважины была проведена отдельно, сначала был опробован ордовикский горизонт, из которого был получен дебит 0,26 л/сек при  $S = 2,03$  м, а затем горизонт кембро-ордовика, из которого получен дебит — 2,85 л/сек, причем уровень воды при этом дебите понизить не удалось.

Данные по этой скважине взяты из материалов разведочного бурения, опубликованные горным инженером А. А. Козыревым в Горном журнале за 1905 г. Там же указывается, что в районе этой скважины были пробурены еще 5 скважин, давших аналогичные результаты. Все остальные скважины в исследованном районе либо не доведены до кембро-ордовика, либо вскрыли лишь верхи его и отдельно не опробовались.

Однако и приведенных данных достаточно, чтобы сделать вывод о высокой водообильности кембро-ордовикского горизонта и считать его надежным источником водоснабжения. По данным опытной откачки можно предположить, что при эксплуатации этого горизонта удельный дебит скважин не должен быть менее 3—4 л/сек.

На основе проведенных гидрогеологических исследований и расчетов эксплуатационных возможностей водоносных горизонтов разработаны рекомендации для улучшения и оздоровлений водоснабжения каждого населенному пункту исследованного района. Сущность этих рекомендаций сводится к следующим основным положениям.

Суточная потребность в воде пос. Тайцы и примыкающих к нему пос. Александровки и дер. Ивановки определена в размере 10000 м<sup>3</sup>. Для покрытия этой потребности рекомендуется организация централизованного водоснабжения на базе существующих, наиболее глубоких 18 скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты карбонатной толщи ордовика и кембро-ордовика. Эти 18 скважин, глубиной от 22 до 43 м, обладают необходимыми данными (диаметрами и др.) для реконструкции водоподъемных устройств. Некоторые из них оборудованы глу-



бинными электрическими насосами значительной мощности, а ряд скважин нуждается в реконструкции.

При увеличении мощности и надежности водоподъемных сооружений, они могут обеспечить полностью потребность населения Таицкой группы поселков в хорошей питьевой воде.

Поселки Зайцево, Дони, Ижора и Верево расположены в непосредственной близости один от другого, вследствие чего для них рекомендуется единая система централизованного водоснабжения.

Общая потребность упомянутых поселков в воде составляет  $400 \text{ м}^3/\text{сутки}$  и для покрытий этой потребности, рекомендуется организовать централизованное водоснабжение на базе двух существующих скважин в поселках Дони и Верево.

Эксплуатационные возможности упомянутых скважин вполне достаточны для покрытия потребностей этих поселков в воде и потребуется лишь переоборудование водоподъемных сооружений.

Общая потребность в воде пос. Комолово составляет около  $120 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Рекомендуется отремонтировать существующую скважину глубиной 40 м и установить на ней центробежный глубинный насос, производительностью до  $200 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Расчетный дебит скважин определен в размере около  $300 \text{ м}^3/\text{сутки}$ , в связи с чем при рациональной эксплуатации ее дебит с избытком покроет всю потребность поселка в воде.

Поселки Пегелево и Кюрлево находятся в непосредственной близости один от другого и для улучшения их водоснабжения рекомендуется единая система водоснабжения. Суточная потребность обоих поселков в воде составляет около  $100 \text{ м}^3$  и для покрытия ее можно использовать имеющиеся две скважины глубиной 31 и 40 м. Расчеты эксплуатационных возможностей показали, что упомянутые скважины с избытком могут обеспечить эти поселки водою.

Общая потребность в воде совхоза Верево, поселков Б. Верево и Вайя составляет  $600 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Для улучшения водоснабжения рекомендуется организация централизованного водоснабжения на базе существующих двух скважин, общая производительность которых по расчетным данным составляет более  $2000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .

Общая потребность в воде поселков Тихвинка и Истинка составляет  $250 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Для улучшения и оздоровления водоснабжения рекомендуется организация централизованного водоснабжения, на базе двух существующих скважин, общая производительность которых, по расчетным данным составляет более  $600 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .

Общая потребность в воде поселков Нижняя и Старица составляет  $100 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . Для улучшения и оздоровления водоснабжения составлен проект буровой скважины глубиной до 30 м с установкой фильтра в нижней зоне ордовикского водоносного горизонта. По аналогии с ближайшими существующими скважинами проектируемая скважина должна дать дебит около  $250 \text{ м}^3/\text{сутки}$  при понижении уровня воды на 5 м.

По г. Можайскому и пос. Ропше рассмотрение эксплуатационных возможностей водоносных горизонтов следует произвести особо ввиду расположения их в приглинтовой полосе, т. е. вблизи области дренирования ордовикского и кембро-ордовикского горизонтов, где и условия залегания водосодержащих пород и строение водоносной толщи иное, чем в Таицком районе.

Обследование скважин, колодцев, источников, обнажений и поверхностных водоемов в районе г. Можайского и пос. Ропши показало, что

здесь в связи с гляциодислокациями условия залегания водоносных горизонтов, а также направление движения потока значительно отличаются от районов, удаленных от глинта.

В известняках ордовика мощность водоносного горизонта уменьшается до 10—12 м, а глубина залегания в зависимости от рельефа местности увеличивается до 20—30 м. Все это, а также разнообразие конструкций скважин, с разной глубиной установки фильтра, усложняет оценку эксплуатационных возможностей водоносного горизонта.

Аналогичные условия наблюдаются и для кембро-ордовикского горизонта, мощность которого, глубина залегания и напоры заметно изменяются в зависимости от гляциотектоники и рельефа местности.

Однако общий характер гидрогеологических условий и основные водоносные горизонты как в г. Можайском, так и в пос. Ропше такие же, как и в рассмотренном выше Таицком районе. Здесь широко используются воды четвертичных отложений и воды верхней зоны ордовика путем заложения колодцев и каптажа мелких родников. Но как уже указывалось, водоносный горизонт четвертичной толщи маловодообилен и загрязнен, а верхняя зона ордовика хотя и более водообильна, но также загрязняется с поверхности, поэтому эти воды не могут быть использованы для централизованного водоснабжения.

Основными источниками улучшения водоснабжения в г. Можайском и в пос. Ропше могут служить лишь воды нижней зоны карбонатной толщи ордовика и водоносный горизонт кембро-ордовика, эксплуатация которых возможна только путем бурения скважин с перекрытием верхней загрязненной зоны ордовикского горизонта.

При обследовании г. Можайского было выявлено только 7 скважин, эксплуатирующих воды нижней зоны ордовика и частично кембро-ордовика и, следовательно, пригодных для включения их в расчет для организации централизованного водоснабжения.

Данные обработки опытных откачек из этих скважин показали, что коэффициенты фильтрации карбонатной толщи ордовика изменяются от 1,5—2,0 м/сутки до 15 м/сутки, а в одной скважине даже до 53 м/сутки.

Возможные эксплуатационные дебиты скважин в зависимости от мощности горизонта и его водопроницаемости определены в размере от 120 до 270 м<sup>3</sup>/сутки.

Общий суммарный дебит всех семи скважин, рассчитанный при оптимальных понижениях уровня, составил около 1200 м<sup>3</sup>/сутки, что явно недостаточно для покрытия потребности города в воде. Поэтому рекомендовано заложение 5 новых скважин, причем проектные разрезы скважин и их расчетные эксплуатационные дебиты определены на основе анализа разрезов и данных опытных откачек, проведенных в существующих скважинах.

В пос. Ропше буровых скважин совсем нет и поэтому оценка эксплуатационных возможностей водоносных горизонтов может быть дана лишь на основе обследования источников, выходящих на территории поселка, а также по аналогии со скважинами, пробуренными в соседних населенных пунктах.

О значительной водообильности ордовикского водоносного горизонта свидетельствуют многочисленные источники, выходящие у подножия глинта, а также в долинах ручьев и в оврагах, прорезывающих глинт.

Так, например, суммарный дебит родников, выходящих в долине ручья, протекающего через пос. Ропшу, изменялся в течение 1965 г. по

сезонам в пределах от 90 до 163 л/сек (от 7500 до 13800 м<sup>3</sup>/сутки), а расход соседней речки Стрелки, дренирующей известняки ордовика у подножия глинта, по гидрометрическим данным колебался в отдельные годы от 542 до 3,055 л/сек. (от 47000 до 260000 м<sup>3</sup>/сутки).

Ближайшие к пос. Ропше буровые скважины, заложенные в совхозе Плодоягодном и в пос. Кипень, по данным опытных откачек, имели дебиты 95,0 м<sup>3</sup> и 1037 м<sup>3</sup>/сутки при понижении уровней соответственно на 0,3 и 1,6 м.

Коэффициент фильтрации известняков ордовика определен по результатам опытных откачек в размере от 1,0—2,0 до 15 м/сутки.

Учитывая эти данные, для улучшения и оздоровления водоснабжения пос. Ропши было рекомендовано бурение двух буровых скважин глубиной до 38—40 м (т. е. на всю мощность ордовика) и рассчитан их проектный дебит в размере около 300 м<sup>3</sup>/сутки для каждой при понижении уровня воды до 15 м от статического. Суммарный дебит этих скважин должен полностью покрыть потребности поселка в воде.



## V. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДЕВОНСКОГО ПЛАТО

### 1. Геолого-геоморфологические особенности

Девонское плато является частью большого геологического района Главного девонского поля. Граница Девонского плато с Силурийским (ордовикским) плато в рельефе не выражена, а проводится по северной границе выходов на поверхность отложений среднего девона.

По особенностям рельефа Девонское плато является плоской или пологоволнистой равниной с высотами от 50 до 100 м над уровнем моря.

В геологическом строении северо-западной части Девонского плато участвуют докембрийские образования, палеозойские отложения и породы четвертичной системы.

Докембрийские образования представлены архейскими и нижнепротерозойскими породами, из которых состоит кристаллический фундамент, и верхнепротерозойскими слабо метаморфизованными отложениями.

Докембрийский кристаллический фундамент вскрыт структурными скважинами в окрестностях г. Гатчины, в поселках Сиверском, Сусанино и южнее в нескольких километрах в г. Любани соответственно на глубинах 395,2; 477,5; 410,5; 531,9 м. Приведенные данные показывают, что поверхность кристаллического фундамента в данном районе расчленена и амплитуда его рельефа достигает более 140 м.

Верхнепротерозойские слабометаморфизованные отложения не согласно перекрывают сложно дислоцированные породы кристаллического фундамента. Здесь они также выражены двумя горизонтами: гдовским ( $Pt_3 gd$ ) и котлинским ( $Pt_3 kt$ ).

Гдовский горизонт представлен разнородными песчаниками, алевролитами и глинами. Он полностью пройден структурными скважинами в окрестностях г. Гатчины, в поселках Сиверском, Сусанино и вблизи г. Любани, в которых соответственно определена мощность: 87,2; 57,0; 80,0; 101,1 м. Характерно, что мощность и состав пород данного горизонта зависят от рельефа кристаллического фундамента: во впадинах мощность максимальная, а в составе преобладают алевролитовые и глинистые пачки, в то время как на поднятиях преобладают разнородные песчаники с включением галек кварца, при этом мощность их минимальная (пос. Сиверский).

Котлинский горизонт согласно залегает на слоях пород гдовского горизонта и сложен зеленовато-серыми глинами с прослоями песчаников и алевролитов общей мощностью от 102,8 до 150 м.

Образования кембрийской системы литологически тесно связаны с верхнепротерозойскими отложениями и залегают на них согласно и без

заметного перерыва. В ее составе выделяется нижний и средний отделы. Нижний отдел слагают: ломоносовская свита ( $Cm_1 lm$ ), лонтовасская свита ( $Cm_1 ln$ ) и пиритасская свита ( $Cm_1 pt$ ); средний отдел представлен тискресской свитой ( $Cm_2 ts$ ).

Ломоносовская свита выражена серыми мелкозернистыми песчаниками и алевролитами мощностью от 10 до 24,0 м.

Лонтовасская свита состоит из толщи синих и голубых пластичных глин, в которых наблюдаются прослойки песчаников и алевролитов. Общая мощность этой свиты довольно постоянная — 100—115,0 м; ее поверхность залегает на глубине от 78,0 м (г. Гатчина) до 212,5 м (г. Любань).

Пиритасская свита нижнего отдела и тискресская свита среднего отдела кембрийской системы слагают единую в литологическом отношении толщу мелкозернистых песков и песчаников общей мощностью 15—23,0 м. Кровля тискресской свиты залегает на глубинах от 66,0 до 199,2 м.

Ордовикская система представлена двумя отделами — нижним отделом ( $O_1$ ) и средним отделом ( $O_2$ ). В нижнем отделе по литологическим и палеонтологическим признакам выделяется четыре горизонта: пакерортский ( $O_1 pk$ ), мяэкюльский ( $O_1 mk$ ), волховский ( $O_1 vl$ ) и кундский ( $O_1 kd$ ). В среднем отделе, главным образом, по палеонтологическим признакам выделяются три горизонта: таллинский ( $O_2 tl$ ), кукерский ( $O_2 kk$ ) и итферский ( $O_2 it$ ).

Пакерортский горизонт состоит из серых и бурых, средне- и мелкозернистых оболовых песков и песчаников, переслаивающихся в кровле с диктионемовыми сланцами, общей мощностью от 6 до 12 м. Следует отметить, что диктионемовые сланцы отмечаются не во всех разрезах буровых скважин. Пакерортский горизонт нижнего ордовика, тискресская свита среднего кембрия и пиритасская свита нижнего кембрия образуют единую в литологическом отношении кембро-ордовикскую толщу песков и песчаников общей мощностью от 17 до 30 м. Мощность этой однообразной в фациальном отношении толщи увеличивается в направлении с севера на юг и юго-восток. Так, в пос. Лукаши она равна 17 м, в пос. Сиверском — около 30 м, в пос. Сусанино 29,0 м, а в г. Любани мощность песков и песчаников уменьшается до 18,0 м. От вышележащих пород рассматриваемая толща отделяется слоем водонепроницаемых сланцев, не имеющих сплошного распространения, мощностью от 0,1 до 1,0 м.

Мяэкюльский горизонт представлен глауконитовыми глинистыми и мергелистыми песчаниками, а местами мергелистыми известняками мощностью от 1 до 1,5 м. Этот горизонт выделен только в отдельных разрезах буровых скважин, а в остальных — он объединен с породами вышележащего горизонта.

Волховский и кундский горизонты нижнего отдела, а также таллинский, кукерский и итферский горизонты среднего отдела сложены известняками. В обнажениях известняки перечисленных горизонтов отличаются как по составу, сложению, так и по содержанию органических остатков. Однако, почти во всех разрезах буровых скважин эти горизонты показываются как единая толща карбонатных пород ордовика, залегающая на глубинах от 34 (пос. Лукаши) до 75 м (пос. Сиверский). Мощность данной толщи заметно увеличивается в направлении с севера на юг. Однако вследствие додевонского размыва ордовикских отложений такое увеличение мощности не всегда выдерживается. Так, в пос.

Лукаши она равна 9,5 м, в пос. Сиверском 54,0 м, в пос. Сусанино 14,0 м.

Отложения Девонской системы залегают на размытой поверхности ордовика, перекрывая его различные стратиграфические горизонты, и представлены живетским ярусом среднего отдела. По литологическому составу девонские отложения делятся на два горизонта: наровский ( $D_2 nr$ ) и лужский ( $D_2 lz$ ); общая наибольшая мощность которых достигает 100 м.

Наровский горизонт отличается непостоянством своего литологического состава и быстрым его изменением по простираанию, что подтверждается нижеследующими данными. В пос. Лукаши этот горизонт вскрыт под четвертичными отложениями на глубине от 3 до 20 м. Здесь он выражен толщей переслаивающихся мергелей, песчаников и глин общей мощностью 25,0 м. В пос. Прибыtkовo (в 5 км севернее пос. Сиверского) скв. № 6 вскрыла наровские отложения под лужским горизонтом на глубине 16 м и углубилась в них до 55 м. Здесь сверху вниз вскрыты: 1) мергель розовато-серый 2,0 м; 2) глина мергелистая бурая 4,30 м; 3) песчаник мелкозернистый слюдистый 0,6 м; 4) глина бурая мергелистая 4,0 м; 5) мергель с прослоями глины 2,0 м; 6) глина серая с прослоями доломита 7,0 м; 7) мергель серый с прослоями глины водоносный 14,5 м; 8) глина бурая, пройдено 1,5 м. В пос. Сиверском данный горизонт состоит из розовато-серых мергелей мощностью 36,57 м. В пос. Сусанино горизонт представлен песчаниками с прослоями глин общей мощностью до 20 м. В г. Любани он представлен толщей переслаивающихся глин, мергелей, известняков и песчаников общей мощностью до 31 м.

Лужский горизонт, в отличие от наровского, обладает постоянством своих фациальных особенностей, которые являются характерными для всей обследованной площади Девонского плато. В изученных разрезах многочисленных обнажений и буровых скважин рассматриваемый горизонт представлен красными мелко- и среднезернистыми слюдистыми песчаниками с ясно выраженной косо́й слоистостью речного типа. Во всей толще песчаников включены линзовидные прослои красных глин мощностью от 0,5 до 3 м и таких же прослоев гравия и галечников мощностью от 0,20 до 1,0 м. Поверхность лужского горизонта вследствие дочетвертичного размыва неровная, поэтому его глубина залегания резко изменяется на сравнительно небольших расстояниях. Такое же изменение характерно и для его мощности, однако последняя явно увеличивается в южном и юго-восточном направлениях. В дер. Антелево (в 5—6 км восточнее пос. Лукаши) лужский горизонт мощностью 8,45 м вскрыт под четвертичными отложениями на глубине 9,55 м. В пос. Сусанино он вскрыт на глубинах 20—22,5 м, мощностью от 4,5 до 15,0 м, в г. Любани и его окрестностях на глубинах 1,2—28,0 м, мощностью от 2 до 50 м, в пос. Сиверском на глубинах от 2 до 45,0 м, мощностью от 10,5 до 59,5 м. С особенностью дечетвертичного рельефа связана зона выветривания пород лужского горизонта. Под влиянием древнего выветривания лужские песчаники в верхней части превратились в рыхлые пески, а на больших глубинах приобрели трещиноватость. С особенностью развития зоны выветривания, которая обладает большой изменчивостью и непостоянством, связан характер обводнения и водообильности лужского горизонта.

Четвертичные отложения залегают на слоях пород девонской системы. На междуречных пространствах они образуют непрерывный по-

кров мощностью от 0,5—2 до 45,0 м. В стратиграфическом отношении породы четвертичной системы представлены верхним и новым отделами. Верхний отдел в своем развитии, по-видимому, был связан с валдайским оледенением. В стратиграфической последовательности, в пределах обследованной площади представлены следующие генетические типы образований четвертичной системы: ледниковые отложения ( $gl Q_{III} vd$ ), флювиогляциальные отложения ( $f gl Q_{III} vd$ ), озерно-ледниковые отложения ( $l gl Q_{III} vd$ ), торфяно-болотные ( $p Q_{IV}$ ), аллювиальные отложения ( $al Q_{IV}$ ).

Ледниковые отложения, залегающие сплошным покровом на водораздельных пространствах, представлены мореной. В литологическом отношении морена обладает значительным разнообразием: наиболее часто встречаются красные и красно-бурые песчанистые валунные суглинки и глины и желто-бурые валунные суглинки. В отдельных местах встречаются валунные супеси и пески. Мощность морены зависит от характера рельефа подстилающих пород: обычно она равна 2—5 м, часто достигает 14,0 м и в отдельных местах до 21,0 м и более.

Флювиогляциальные отложения образуют озы и флювиогляциальные равнины. Они развиты в окрестностях г. Гатчины, поселков Лукаши, Вырицы, г. Любани и в других местах. Эти отложения нами изучались у пос. Лукаши. Здесь ими сложена флювиогляциальная равнина, расположенная между пос. Лукаши и дер. Корпикуля и дер. Векелово. Флювиогляциальные отложения перекрывают морену и представлены разнозернистыми и гравелистыми песками с прослоями галечников и суглинков общей мощностью до 10 м и более.

Озерно-ледниковые отложения, имеющие широкое распространение, перекрывают морену и флювиогляциальные отложения. В литологическом отношении озерно-ледниковые отложения довольно разнообразны и представлены мелкозернистыми тонкослоистыми песками, неслоистыми суглинками, содержащими часто рассеянные гальки и валуны, ленточными глинами и др. Ленточные глины особенно имеют типичное развитие в районе г. Любани. Мощность этих отложений зависит от рельефа подстилающей поверхности и по данным разрезов обнажений и буровых скважин она изменяется от 2—3 до 45,0 м.

Торфяно-болотные отложения, вероятно, возникли на месте остаточных озер после регрессии I Балтийского ледникового озера. Они приурочены к равнинам, покрытым озерно-ледниковыми образованиями и занимают пониженные их части. Крупные торфяно-болотные массивы развиты вблизи пос. Сиверского, в окрестностях пос. Вырицы и г. Любани.

Аллювиальные отложения слагают пойменную и надпойменную террасы речных долин Ижоры, Суйды, Оредежи, Тосно, Тигоды. Они представлены песками, суглинками, реже галечниками и глинами. На пойменной террасе часто образуются болотные отложения. Мощность аллювия от 0,5 до 3—5 м.

## 2. Гидрогеологические условия

Геологическое строение и физико-географические условия северо-западной части главного Девонского поля способствуют формированию здесь ряда мощных напорных горизонтов подземных вод.

Из факторов, благоприятствующих формированию водоносных горизонтов, следует отметить: 1) равнинный характер рельефа и сравни-



тельно хорошую водопроницаемость покровных отложений; 2) значительное превышение количества атмосферных осадков над величиной испарения и высокое значение модуля подземного стока; 3) чередование мощных толщ водопроницаемых пород с водоупорными, при слабонаклонном залегании пластов; 4) наличие обширных областей питания напорных горизонтов, расположенных за пределами обследованного района, на территории Силурийского (ордовикского) плато и др.

На основании изучения разрезов скважин, колодцев и естественных выходов подземных вод здесь выделяются следующие водоносные горизонты:

- 1) горизонт грунтовых вод четвертичной толщи;
- 2) среднедевонский водоносный комплекс, включающий водоносные слои лужских и наровских отложений;
- 3) водоносный горизонт карбонатной толщи ордовика;
- 4) кембро-ордовикский водоносный горизонт;
- 5) надляминаритовый водоносный горизонт;
- 6) гдовский водоносный горизонт.

Горизонт грунтовых вод четвертичной толщи приурочен к моренным и озерно-ледниковым отложениям, покрывающим чехлом изменчивой мощности всю территорию обследованного района. Водоносными породами являются мелко- и среднезернистые пески и супеси с гравием и галькой, залегающие в виде линз и прослоев среди моренных суглинков и ленточных глин. Такие линзы и прослои не имеют сплошного распространения и встречаются sporadически.

Разнообразие литологического состава и, следовательно, различная водопроницаемость пород обуславливает изменчивую производительность колодцев, эксплуатирующих горизонт четвертичной толщи. Во многих населенных пунктах обследованного района этот горизонт эксплуатируется большим количеством колодцев и мелких скважин индивидуального пользования. Глубина залегания грунтовых вод в зависимости от рельефа местности и мощности четвертичной толщи изменяется в широких пределах. Так, в районе г. Любани, пос. Кезево грунтовые воды встречаются на глубинах от 2,5 до 150 м, а в пос. Северском — 9,5—26,0 м.

Суммарная мощность водоносных прослоев четвертичной толщи достигает 6,0—8,0 м при общей мощности четвертичных отложений до 45,0 м.

Водообильность горизонта грунтовых вод, как правило, слабая. Суточный расход отдельных водопунктов не превышает 5 м<sup>3</sup>, а в большинстве случаев от 0,1 до 1,0 м<sup>3</sup>.

Удельные дебиты мелких скважин изменяются в пределах от 0,01 до 0,1 л/сек. Только одна скважина в пос. Северском, заложенная в разнородных песках, имела удельный дебит 0,4 л/сек.

Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, в связи с чем уровни воды и производительность колодцев подвержены явно выраженным сезонным изменениям. В засушливое время года уровни в колодцах резко снижаются, а иногда колодцы иссыкают. Исчезновение воды в колодцах было отмечено в 1960 г. в г. Любани, в пос. Северском и др.

Рассмотренные качественные и количественные характеристики грунтовых вод позволяют сделать вывод о том, что водоносный горизонт

четвертичной толщи может быть использован только для хозяйственных нужд в индивидуальных хозяйствах.

Непосредственно под четвертичными породами в пределах обследованного района залегают среднедевонские отложения представленные мелко- и среднезернистыми песками, рыхлыми песчаниками, глинами, известняками и доломитами. В стратиграфическом отношении эти породы принадлежат к лужскому и наровскому горизонтам среднего девона, однако пестрый состав и перемежаемость этих пород по вертикальному разрезу настолько изменчива, что по буровым журналам, как правило, нельзя было расчленить их на стратиграфические горизонты. Вследствие этого все водоносные прослои, приуроченные к водопроницаемым породам среднего девона, объединены в единый среднедевонский водоносный комплекс.

Воды этого комплекса пластовопоровые, а местами пластовотрешинные. У северной окраины распространения среднедевонских отложений, водоносный комплекс имеет свободное зеркало, а по мере увеличения мощности слоев и падения их в юго-восточном направлении воды приобретают заметный напор.

Ввиду того, что поверхность среднедевонских отложений очень неровная и понижения заполнены четвертичными породами, глубина залегания и мощность среднедевонского водоносного комплекса варьирует в довольно широких пределах. Так, у северных границ главного Девонского поля в пос. Лукаши песчаные породы лужского возраста вообще отсутствуют в разрезе скважин и водоносный горизонт, приуроченный к низам наровских песчано-мергелистых отложений мощностью 10—15 м, залегает на глубине от 3 до 20 м от поверхности земли.

Далее, к югу и юго-востоку глубина залегания среднедевонского комплекса увеличивается и составляет в пос. Сиверском от 2 до 45,0 м, в пос. Сусанино от 20 до 22,5 м. Одновременно в юго-восточном направлении увеличивается и общая мощность среднедевонских отложений. В связи со значительной пестротой литологического состава и частой изменчивостью пород как по вертикальному разрезу, так и по площади распространения в толще среднедевонских отложений трудно выделить сколько-нибудь выдержанные по простираанию водоносные или водоупорные слои. Поэтому при характеристике мощности водоносного горизонта имеется в виду суммарная мощность водоносных слоев, так как все они гидравлически связаны. В таком понимании мощность среднедевонского водоносного горизонта заметно изменяется даже в пределах одного населенного пункта и составляет в пос. Сиверском от 6,0 до 55,0 м, в пос. Сусанино от 26,0 до 45,0 м, в г. Любани от 8,0 до 23,0 м.

Более закономерно изменяется величина напора по скважинам с северо-запада на юго-восток. Так, в пос. Лукаши воды практически безнапорные, в пос. Сиверском напор составляет 4,3 м, а в пос. Сусанино уже 44,5 м над кровлей водоносного слоя. В то же время глубина статического уровня от поверхности земли изменяется очень мало, обычно в пределах от 7,5 до 10,0 м.

Непостоянство водоупорных прослоев характерно не только для всей толщи среднедевонских отложений, но и для контактов их с нижезалегающими ордовикскими отложениями. Поэтому среднедевонский водоносный комплекс и ордовикский водоносный горизонт гидравлически связаны. По-видимому, имеет место проникновение подземных вод из карбонатной толщи ордовика в среднедевонский водоносный комплекс.

По химическому составу воды среднедевонского водоносного комплекса гидрокарбонатно-кальциевые, реже гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевые. Минерализация воды в большинстве случаев не выходит за пределы 0,3—0,9 г/л.

Общая жесткость изменяется от 2,2 до 9,9 мг-экв, но чаще встречаются воды с жесткостью 4—6 мг-экв. Содержание веществ, указывающих на загрязнение воды, в большинстве случаев незначительное, но в отдельных пробах обнаружено аммиака до 1 мг/л, нитритов и сероводорода до 0,9—1,0 мг-л.

Солевой состав большинства проб воды может быть выражен следующей формулой Курлова:

$$M_{0,4} \frac{\text{HCO}_3^{96}}{\text{Ca}_{58} \text{Mg}_{38}} t=7^\circ.$$

Для проб воды со следами поверхностного загрязнения формула имеет следующий вид:

$$M_{0,9} \frac{\text{Cl}_{38} \text{HCO}_3^{86} \text{SO}_4^{10}}{\text{Na}_{50} \text{Ca}_{32} \text{Mg}_{18}} t=7^\circ.$$

Большинство бактериологических анализов показывают, что воды среднедевонского водоносного комплекса менее подвержены поверхностному загрязнению, чем воды четвертичных отложений, как правило, пригодны для питьевого водоснабжения.

Наиболее чистые в бактериологическом отношении воды обычно встречаются в нижней зоне водоносного комплекса, примерно с глубины 20 м от поверхности земли.

Значительная часть естественно-динамических ресурсов среднедевонского водоносного комплекса идет на подземное питание местных рек Оредежи, Суиды, Тигоды и их притоков. В долинах этих рек наблюдаются многочисленные выходы источников с дебитом до 1,0—1,5 л/сек, причем местами естественные выходы подземных вод располагаются на высоте до 2,5 м над урезом воды в реке.

На основании рассмотренных качественных и количественных характеристик следует сделать вывод о том, что среднедевонский водоносный комплекс может служить одним из основных источников для улучшения и оздоровления водоснабжения обследованного района.

Ниже среднедевонского комплекса залегает ордовикский водоносный горизонт, приуроченный к толще трещиноватых и закарстованных известняков и доломитов. Этот горизонт имеет повсеместное распространение на территории обследованного района и эксплуатируется большим количеством буровых скважин.

Как указывалось ранее, ордовикские известняки выходят на поверхность на обширной территории Силурийского (Ордовикского) плато, а у северных границ главного Девонского поля они в соответствии с общим падением слоев к юго-востоку погружаются и скрываются под среднедевонскими отложениями.

По мере погружения карбонатной толщи увеличивается глубина залегания и мощность ордовикского водоносного горизонта в направлении с северо-северо-запада на юго-юго-восток. Глубина залегания водоносного горизонта изменяется от 30,0 м в пос. Лукаши до 50,0 м в пос. Карташевском, 62,0 м в пос. Сусанино и 75,0 в пос. Сиверском. Мощность

ордовикских известняков увеличивается также соответственно от 10,0—15,0 м в пос. Лукаши до 54,0 м в пос. Сиверском.

Воды ордовикского горизонта пластово-трещинные, напорные, причем высота напора также увеличивается с северо-северо-запада на юго-юго-восток и достигает в районе пос. Сиверского 70—80 м над кровлей. В местных понижениях рельефа нередко скважины самоизливаются на высоту до 5—8 м над поверхностью земли, а во многих скважинах, расположенных на более высоких отметках, статические уровни находятся на глубине 7—9 м от поверхности земли.

Рассматриваемый водоносный горизонт не имеет надежных водопоров ни в кровле, ни в подошве, вследствие чего он гидравлически связан как с вышележающим среднедевонским водоносным комплексом, так и нижележающим кембро-ордовикским горизонтом. Это подтверждается тем, что статистические уровни всех упомянутых горизонтов мало отличаются друг от друга по абсолютной высоте, а также прерывистым распространением водоупоров.

Питание ордовикского водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на обширной территории Силурийского (Ордовикского) плато, а также за счет проникновения вод из среднедевонского водоносного комплекса в период снеготаяния.

Ввиду непостоянства гидравлической связи ордовикского горизонта с кембро-ордовикским и среднедевонским, а также различной трещиноватости и закарстованности карбонатной толщи, водообильность скважин изменяется на территории района в довольно широких пределах. Наряду с высокопроизводительными самоизливающимися скважинами, дебит которых достигает 7 л/сек, нередко встречаются скважины с удельным дебитом 0,5—1,0 л/сек.

Сравнительно глубокое залегание ордовикского горизонта и отдаленность области питания обуславливают довольно устойчивый режим уровней и дебитов скважин, а также предохраняет его от поверхностного загрязнения.

По физическим и бактериологическим свойствам воды этого горизонта вполне пригодны для питьевого водоснабжения; коли-титр, как правило, более 333. Однако в отношении химического состава наблюдается закономерное увеличение общей минерализации по мере глубины залегания и мощности водоносного горизонта.

В северной части обследованного района воды, как правило, гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,2 до 0,9 г/л, а к югу, особенно в нижней зоне горизонта, увеличивается содержание хлора и натрия и минерализация повышается до 1,9 г/л (г. Любань с глубины 60—80 м).

Солевой состав, по Курлову, для большинства проб воды

$$M_{0,5} = \frac{\text{HCO}_3^{98-96}}{\text{Ca}_{52-54} \text{Mg}_{40-44}}.$$

Для вод с повышенной минерализацией формула Курлова имеет вид

$$M_{1,9} = \frac{\text{HCO}_3^{64} \text{Cl}_{32}}{\text{Na}_{62} \cdot \text{Mg}_{20} \cdot \text{Ca}_{18}} t = C^\circ.$$

Общая жесткость ордовикских вод изменяется от 2,7 до 7,1 мг-экв Аммиака, нитритов и сероводорода, как правило, при анализах не обнаружено. Окисляемость менее 2,0 мг O<sub>2</sub>/л.

Приведенные количественные и качественные характеристики позволяют считать ордовикский водоносный горизонт вторым крупным источником улучшения и оздоровления водоснабжения обследованного района.

Ордовикские известняки подстилаются маломощным и непостоянным по распространению горизонтом диктионемовых сланцев, ниже которого залегает толща песков и рыхлых песчаников нижнего ордовика и кембрия. К этой толще приурочен четвертый водоносный горизонт кембро-ордовикский, который имеет также повсеместное распространение в пределах обследованного района.

В литологическом отношении породы кембро-ордовикского горизонта представлены мелко- и среднезернистыми песками и рыхлыми песчаниками, в основании которых залегает мощная толща синих кембрийских глин.

В соответствии с общим падением напластований глубина залегания и мощность кембро-ордовикского горизонта увеличивается с северо-запада на юго-восток. Так, в пос. Лукаши глубина залегания его составляет 42,4 м и далее на юг в пос. Сусанино 82,0 м, в пос. Сиверском 129,0 и в г. Любани 148,0 м. Соответственно изменяются и мощность горизонта от 17,1 в пос. Лукаши до 26,0 м и в пос. Сиверском.

Воды кембро-ордовикского горизонта пластово-порового типа напорные, причем величина напора над кровлей также закономерно увеличивается с северо-запада на юго-восток и достигает в южной части обследованного района 125 м и более.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на обширной территории Силурийского (ордовикского) плато, причем проникновение вод в кембро-ордовикское отложения происходит через карбонатную толщу ордовика. Гидравлическая связь ордовикского и кембро-ордовикского горизонтов прослеживается не только на территории Силурийского (ордовикского) плато, но и в пределах северной части главного Девонского плато. Это подтверждается, с одной стороны, небольшой разницей высотного положения их уровней, с другой стороны, отсутствием в разрезах некоторых скважин, разделяющих эти горизонты водоупорных диктионемовых сланцев.

В связи со значительной глубиной залегания и отдаленностью области питания режим уровней и дебитов скважин, эксплуатирующих кембро-ордовикский горизонт, отличается большей устойчивостью, чем выше залегающие горизонты подземных вод. Также более однородна водопроницаемость и водообильность пород кембро-ордовикского горизонта. Большая часть скважин имеют удельные дебиты около 1 л/сек.

По данным бактериологических анализов воды кембро-ордовикского горизонта лишены загрязняющих признаков и пригодны для питья.

В отношении химического состава вод следует отметить, что с северо-запада на юго-восток увеличивается общая минерализация и заметно меняется ионный состав воды. Южная граница распространения пресных вод с минерализацией 0,2—0,6 г/л намечается примерно по линии пос. Сиверский — пос. Сусанино. Южнее и юго-восточнее этой границы общая минерализация кембро-ордовикских вод повышается до 2,0 г/л и более (пос. Рамцы). Одновременно происходит и изменение характера минерализации этих вод. Так, для северных районов характерны гидрокарбонатно-кальциевые воды, а для южных хлоридо-натриевые.

Солевой состав кембро-ордовикских вод, по Курлову, для различных пунктов района характеризуется следующими показателями: пос. Сиверский —

$$M_{0,4} \frac{\text{HCO}_3^{96}}{\text{Ca}_{54} \cdot \text{Mg}_{28} \cdot \text{Na}_{20}} t=8^\circ\text{C},$$

пос. Сусанино —

$$M_{0,6} \frac{\text{HCO}_3^{90} \cdot \text{Cl}_{10}}{\text{Mg}_{42} \cdot \text{Ca}_{28} \cdot \text{Na}_{20}} t=5^\circ\text{C},$$

пос. Рамцы —

$$M_{2,2} \frac{\text{Cl}_{76} \cdot \text{HCO}_3^{12} \cdot \text{SO}_4^{12}}{(\text{Na} + \text{K})_{80} \text{Ca}_{12}} t=8^\circ\text{C}.$$

Анализ качественных и количественных характеристик кембро-ордовикского водоносного горизонта позволяет сделать вывод о том, что для северной части обследованного района (севернее линии пос. Сиверский — пос. Сусанино) этот горизонт может быть использован для улучшения и оздоровления водоснабжения. В южной части района в связи с увеличением минерализации воды горизонт для питьевого водоснабжения не пригоден.

Как упоминалось выше, в обследованном районе по данным бурения опорных скважин в пос. Сиверском, г. Любани и других имеют повсеместное распространение еще два водоносных горизонта: надляминари-товый, приуроченный к толще песчаников нижнего кембрия, и гдовский, приуроченный к песчаникам верхнего протерозоя, залегающие на глубине соответственно 269,0 и 414,0 м.

Однако воды этих горизонтов непригодны для питьевого водоснабжения, так как общая минерализация их достигает 7,3 и 11,5 г/л, а общая жесткость 36,3 мг/экв.

### 3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию

На основании выводов, сделанных в предыдущем разделе, основными водоносными горизонтами, на базе которых возможно улучшение водоснабжения северо-западных окраин главного Девонского поля, являются:

- а) среднедевонский водоносный горизонт,
- б) ордовикский водоносный горизонт,
- в) кембро-ордовикский водоносный горизонт.

Все эти горизонты ввиду непостоянства разделяющих их водоупоров гидравлически связаны между собой, хотя области питания и условия разгрузки у них разные. В связи с этим создается сложная схема их взаимодействия. В период снеготаяния, когда происходит заметное повышение уровней в среднедевонском водоносном комплексе, возможно подпитывание ордовикского и кембро-ордовикского горизонтов за счет среднедевонского комплекса. В засушливый же период и в конце зимы, когда уровни среднедевонского горизонта снижаются, то в связи с более устойчивым режимом уровней ордовикского горизонта возможно проникновение напорных вод ордовика в среднедевонский водоносный горизонт.

Непосредственное питание за счет атмосферных осадков здесь получают лишь водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным и среднедевонским отложениям. Что же касается ордовикского и кембро-ордовикского горизонтов, то их область питания располагается на обширной территории Силурийского (ордовикского) плато за пределами рассматриваемого района.

Значительные различия наблюдаются также в отношении условий разгрузки рассматриваемых горизонтов. Если среднедевонский водоносный комплекс имеет непосредственную связь с поверхностными водотоками и дренируется гидрографической сетью района, то ордовикский и кембро-ордовикский горизонты залегают ниже эрозионного вреза и непосредственных выходов в речных долинах не имеют. Это обстоятельство, а также пестрота литологического состава и изменчивость суммарной мощности водоносных слоев среднедевонского комплекса обуславливает значительную изменчивость его водообильности.

Удельные дебиты скважин варьируют в широких пределах от 0,03 л/сек (г. Любань) до 2,0 л/сек (пос. Сиверский). Чаше удельные дебиты колеблются от 0,4 до 0,7 л/сек. Однако нередко встречаются скважины с дебитом до 8 л/сек, что, по-видимому, следует объяснить проникновением в скважину напорных вод карбонатной толщи ордовика (скв. колхоза «Память Ильича»).

По литературным данным модули подземного стока для рассматриваемой территории достигают значений 2—3 л/сек км<sup>2</sup>, а коэффициенты подземного стока 0,20—0,25, что предопределяет высокую водообильность этого водоносного горизонта.

Однако возможности использования вод среднедевонского комплекса в каждом конкретном населенном пункте зависят как от степени гидравлической связи с другими горизонтами, так и от глубины его залегания и водопроницаемости пород.

Ввиду того, что качественные и количественные характеристики водоносных горизонтов заметно меняются в пределах обследованной территории, ниже приводятся результаты исследования эксплуатационных возможностей водоносных горизонтов по каждому населенному пункту отдельно.

Наиболее близко к северной границе распространения девонских отложений расположен пос. Лукаши, в пределах которого мощность девонских песчаных отложений всего 10—15 м, а ордовикские известняки залегают близко к поверхности на глубине от 20 до 30 м.

Ввиду отсутствия сколько-нибудь надежного водоупора между среднедевонскими и ордовикскими отложениями здесь по существу можно говорить об одном водоносном комплексе, приуроченном к песчано-мергелисто-глинистым отложениям среднего девона и к карбонатной толще ордовика.

В скважинах, эксплуатирующих этот комплекс в пределах пос. Лукаши, обсадными трубами перекрыты только четвертичные отложения и верхи среднедевонских отложений, а начиная с нижней пачки среднедевонских песчаников скважины проходились либо без обсадки, либо фильтры устанавливались уже в толще ордовикских известняков. Однако и в том и в другом случаях можно считать, что опытными откачками опробован единый водоносный комплекс. Поэтому при обработке результатов откачек получены средние значения коэффициентов фильтрации, характеризующие водопроницаемость всей вскрытой толщи сред-

него девона и ордовика и рассчитаны эксплуатационные возможности скважин с учетом водообильности всей обводненной толщи.

Коэффициенты фильтрации по 5 скважинам, вскрывшим отложения среднего девона и ордовика, изменяются в зависимости от литологии пород от 2,34 до 26,4 м/сутки, а удельные дебиты скважин в пределах от 0,44 до 1,33 л/сек.

По одной скважине опробованы отдельно ордовикский и кембро-ордовикский горизонты, для которых коэффициенты фильтрации определены соответственно в размере 5,0 м/сутки и 14,4 м/сутки, а удельные дебиты скважин также соответственно 0,41 и 0,65 л/сек.

Анализ эксплуатационных возможностей существующих скважин показал, что суммарный дебит их даже при оптимальных понижениях уровня, сможет удовлетворить только около 70% всей потребности поселка в воде (1800 м<sup>3</sup>/сутки.). Для полного удовлетворения потребностей составлены проекты двух новых скважин с доведением их до кембро-ордовикского водоносного горизонта. Проект использования новыми скважинами кембро-ордовикского горизонта обоснован тем, что этот горизонт залегает здесь на глубине всего 40—45 м, он более изолирован от поверхностного загрязнения, отличается значительным напором и высокой водообильностью, режим его более стабилен и, наконец, использование его позволит избежать взаимодействия с существующими скважинами при их одновременной эксплуатации.

Поселок Сиверский расположен южнее пос. Лукаши, т. е. дальше от границы Силурийского (ордовикского) плато, вследствие чего гидрологические условия здесь несколько иные. Во-первых, здесь появляются лужские водоносные слои, так что общая мощность среднедевонских отложений увеличивается, достигая местами 100,0 м, а мощность водоносных слоев 55 м. Во-вторых, глубина залегания ордовикского и кембро-ордовикского горизонта здесь также значительно увеличивается соответственно до 75 и 129 м.

В настоящее время для водоснабжения пос. Сиверского используются в основном воды среднедевонского водоносного комплекса ввиду его неглубокого залегания и сравнительно высокой водообильности. Этот водоносный комплекс получает значительное местное питание за счет атмосферных осадков (модуль подземного стока свыше 2 л/сек км<sup>2</sup>), а, кроме того, имеет место значительный приток воды со стороны Силурийского (ордовикского) плато в связи с падением слоев и направлением движения подземных вод с северо-запада на юго-восток.

Однако в связи с пестротой литологического состава водообильность среднедевонского водоносного комплекса не везде одинакова и на территории поселка изменяется в широких пределах.

Значения коэффициентов фильтрации, по данным откачек из наиболее глубоких скважин, варьируют от 1,5 до 20,0 м/сутки, а в мелких скважинах и колодцах достигают десятых долей метров в сутки. Также значительно изменяются и удельные дебиты выработок от 0,05 до 1,8 л/сек, а в глубоких скважинах чаще 0,6—1 л/сек.

Ввиду того, что верхняя зона среднедевонского водоносного комплекса, эксплуатируемая большим количеством мелких скважин и колодцев, имеет явные следы поверхностного загрязнения для централизованного водоснабжения возможно использование только наиболее глубоких из существующих скважин, фильтры которых заложены в нижней зоне водоносного комплекса.



Данные обследования водопунктов на территории пос. Сиверского показали, что из всего количества скважин можно использовать для централизованного водоснабжения только 15 наиболее глубоких скважин, суммарная производительность которых определена в размере около  $5000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ , что составляет 50% потребности поселка в воде.

Для покрытия дефицита составлены проекты новых буровых скважин, рассчитанные на использование как среднедевонского, так и ниже залегающих ордовикского и кембро-ордовикского горизонтов.

Учитывая обширную область питания этих горизонтов в пределах Силурийского (ордовикского) плато, где модуль подземного стока достигает  $4-7 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$ , а также большую и хорошую водопроницаемость пород, можно сделать вывод об их весьма значительных естественно-динамических ресурсах.

Этот вывод подтверждается данными опробования и эксплуатации ордовикского и кембро-ордовикского горизонтов как по скважинам, заложённым в пос. Сиверском, так и в соседних населённых пунктах. Опорная скважина в пос. Сиверском встретила ордовикский горизонт на глубине 75 м с самоизливом на высоте 1 м над поверхностью земли. В соседних поселках Рождествено, Выра и других также имеются много скважин, эксплуатирующих ордовикский горизонт с удельным дебитом от 0,5 до 4,0 л/сек.

Кембро-ордовикский горизонт вскрыт упомянутой опорной скважиной на глубине 129 м с напором до 125 м над кровлей и эксплуатируется в настоящее время скважиной, заложённой на территории тубдиспансера, с удельным дебитом 1 л/сек.

При проектировании новых скважин основное внимание было уделено использованию ордовикского горизонта, эксплуатационные возможности которого намного превышают вышеупомянутую недостачу воды для централизованного водоснабжения пос. Сиверского. В этом случае кембро-ордовикский водоносный горизонт может рассматриваться в качестве надёжного резерва.

Пос. Карташевская находится в районе, в котором по данным разведочного бурения гидрологические условия во многом аналогичны условиям, рассмотренным по пос. Сиверскому. Такое заключение сделано ввиду того, что на территории пос. Карташевской отсутствуют колодцы и скважины глубиной более 10 м и, следовательно, выяснение эксплуатационных возможностей водоносных горизонтов производилось на основе изучения результатов опытных откачек из скважин, расположенных в ближайших населённых пунктах.

Водоносный горизонт, приуроченный к среднедевонским отложениям, здесь непригоден для улучшения водоснабжения по следующим соображениям: водоносные прослойки в толще лужских песков в настоящее время широко эксплуатируются в пос. Карташевская мелкими колодцами и скважинами, но, как показало обследование, горизонт этот подвержен поверхностному загрязнению, водообильность его очень пестрая и ввиду невысокой водопроницаемости песков дебиты колодцев незначительные.

Водоносные прослои, встречающиеся в песчаниках и мергелях наровских отложений, не имеют повсеместного распространения и также маловодообильны. Водоносные трещиноватые мергели наровского горизонта были встречены только в скважине пос. Прибыtkовo на глубине

от 37,0 до 51,15 м. Дебит этой скважины при понижении уровня на 1 м составлял 1,25 л/сек.

Нижезалегающий водоносный горизонт, приуроченный к карбонатной толще ордовика, лучше изучен и представляется более надежным источником улучшения и оздоровления водоснабжения пос. Карташевской.

На основании изучения разрезов скважин, пробуренных в соседних населенных пунктах, ордовикские водоносные известняки на территории пос. Карташевской должны залегать на глубине около 50 м. Мощность их может достигать здесь 60 м, а высота напора 40 м над кровлей водоносного горизонта.

Удельные дебиты скважин, эксплуатирующих ордовикский водоносный горизонт, составляют в пос. Кобринское 0,6 л/сек, в пос. Выра 1,4 л/сек, а в районе пос. Сиверского скважины дают самоизливом до 2,5—3 л/сек.

Учитывая эти данные для улучшения и оздоровления водоснабжения пос. Карташевской, составлен проект буровой скважины с расчетом эксплуатации ордовикского водоносного горизонта, ориентировочный дебит которого определен в размере около 800 м<sup>3</sup>/сутки.

Поселок Вырица является наиболее крупным из обследованных населенных пунктов и его потребность в воде определяется в расчете на 1970 г. в летнее время до 12500 м<sup>3</sup>/сутки.

Основным водоносным горизонтом здесь является среднедевонский, мощность которого в пределах поселка достигает 60,0 м, и воды в связи с наличием глинистых прослоев приобретают заметный напор.

Естественные ресурсы этого горизонта пополняются за счет подтока вод из более северных районов и за счет проникновения вод нижележащего ордовикского горизонта в связи с падением всех слоев и направлением потоков подземных вод с северо-запада на юго-восток. Рассматриваемый горизонт дренируется долинами р. Оредеж и ее притоков и является основным источником подземного питания этих рек.

Судя по модулю подземного стока, который достигает здесь 2 л/сек км<sup>2</sup> и более в целом водообильность среднедевонского водоносного комплекса довольно высокая, но, как показало обследование местных водопунктов, в связи с очень пестрым литологическим составом пород водопроницаемость их, а следовательно, и дебиты колодцев и скважин изменяются в весьма широких пределах.

По данным опытных откачек из скважин коэффициенты фильтрации, для всей обводненной толщи среднего девона, колеблются от 0,1 до 35,0 м/сутки, причем более часто наблюдаются колебания от 1,0 до 10,0 м/сутки.

В условиях такой пестрой водопроницаемости выявление эксплуатационных возможностей водоносного горизонта затрудняется еще и тем, что обследованные скважины имеют различную глубину, т. е. различную вскрытую мощность обводненных пород, а также различную конструкцию и длину фильтра. Все это обуславливает значительный диапазон колебаний удельных дебитов и общей производительности скважин.

По данным обследования 1233 колодцев и 286 скважин было установлено, что для организации централизованного водоснабжения поселка возможно использование только наиболее глубоких скважин с заложением фильтра на глубине не менее 20 м. Все более мелкие сква-

жины и колодцы, эксплуатирующие верхнюю зону среднедевонского водоносного комплекса, непригодны для водоснабжения в связи со значительным поверхностным загрязнением, проникающим на глубину 20 м, а иногда и больше.

На основе такого заключения из общего количества имеющихся скважин были выделены 36 наиболее глубоких и наиболее производительных скважин, которые способны обеспечить потребность пос. Вырицы доброкачественной водой.

По данным опытных откачек из упомянутых 36 скважин удельные дебиты их изменяются от 0,15 до 1,5 л/сек, но преобладают удельные дебиты около 1 л/сек. Тщательная обработка материалов этих откачек позволила рассчитать эксплуатационные возможности скважин при оптимальных понижениях уровня. Суммарная производительность всех 36 скважин была определена в размере около 14000 м<sup>3</sup>/сутки, что полностью покрывает расчетную потребность пос. Вырицы в воде.

Выбранные скважины довольно равномерно распределены на площади поселка, что, с одной стороны, обеспечивает отсутствие взаимодействия скважин при их одновременной эксплуатации, а, с другой стороны, учитывая значительную протяженность пос. Вырицы, позволит создать несколько самостоятельных систем централизованного водоснабжения.

Кроме среднедевонского водоносного комплекса, по данным разведочно-эксплуатационного бурения, произведенного в соседних районах, здесь имеет широкое распространение ниже залегающий ордовикский водоносный горизонт, отличающийся значительной мощностью, большим напором и высокой водообильностью.

Сопоставление разрезов скважин, пробуренных в поселках: Сиверском, Кезево и совхозе «Красный Пахарь», позволяет определить глубину залегания ордовика и территории пос. Вырицы около 75—85 м. Эксплуатационные возможности скважин, использующих ордовикский водоносный горизонт, характеризуются удельными дебитами, которые достигают в упомянутых поселках 1,5 л/сек и более.

Все это свидетельствует о наличии значительных резервов подземных вод для улучшения водоснабжения пос. Вырицы по мере роста потребности в воде.

Поселок Сусанино располагается севернее пос. Вырицы и глубина залегания основных для этого района водоносных горизонтов, как и их мощность здесь, несколько снижается.

В поселке скважины эксплуатируют все три водоносных горизонта: среднедевонский, ордовикский и кембро-ордовикский. Ввиду отсутствия выдержанных водоупоров эти горизонты, по существу, составляют единый водоносный комплекс и разделение их производится в основном ввиду различной водопроницаемости пород, а, следовательно, и различной производительности скважин, эксплуатирующих разные горизонты.

Учитывая высокие модули подземного стока, достигающие здесь 2—3 л/сек км<sup>2</sup>, а также значительный подток вод с севера со стороны Силурийского (ордовикского) плато можно сделать вывод о высокой водообильности упомянутых горизонтов, что и подтверждается данными опробования их опытными откачками из скважин.

Среднедевонский водоносный комплекс опробован по четырем скважинам, причем ввиду пестроты литологического состава пород коэффициенты фильтрации их изменяются от 0,4 до 4,4 м/сутки. Ордо-

викский водоносный комплекс опробован двумя скважинами, по которым коэффициент фильтрации определен в размере 0,55 и 1,63 *м/сутки* и отдельно опробован одной скважиной кембро-ордовикский водоносный горизонт, по которой коэффициент фильтрации определен в размере 5,64 *м/сутки*.

В соответствии с водопроницаемостью пород и пройденной мощностью удельные дебиты скважин составляли в среднедевонском водоносном комплексе от 0,2 до 6,0 *л/сек*, в ордовикском водоносном горизонте — от 0,2 до 0,74 *л/сек* и в кембро-ордовикском водоносном горизонте около 1,0 *л/сек*.

Данные опытных откачек из упомянутых скважин позволили рассчитать их эксплуатационные возможности и суммарную производительность, которая определена в размере 2500 *м³/сутки*.

Город Любань расположен восточнее пос. Вырицы, в связи с чем качественные и количественные характеристики основных водоносных горизонтов здесь заметно меняются.

Мощность среднедевонских отложений достигает здесь 32,0 м, а мощности водоносных слоев в связи с пестротой литологического состава изменяются от 8,0 до 23,0 м. В широких пределах изменяются и коэффициенты фильтрации от сотых и десятых долей до 4,0 и даже до 10,0 *м/сутки*, а удельные дебиты скважин от 0,2 до 1 *л/сек*.

На основании этих данных следует полагать, что для централизованного водоснабжения могут быть использованы только отдельные наиболее водообильные скважины, эксплуатирующие воды нижней зоны среднедевонских отложений. Таких скважин на территории г. Любани имеется всего три и суммарный дебит их при оптимальных понижениях уровня определен в размере около 900 *м³/сутки* при потребности поселка в воде до 4000 *м³/сутки*. Сопоставление этих данных показывает, что воды среднедевонского водоносного комплекса могут иметь лишь вспомогательное значение. Тем не менее возможность эксплуатации этого комплекса следует учитывать при организации централизованного водоснабжения г. Любани.

Более водообильным здесь является ордовикский водоносный горизонт, мощность которого здесь достигает 100 м, а напор до 30—40 м над кровлей его и часть скважин даже самоизливается. Однако для водоснабжения может быть использована только верхняя зона ордовикского горизонта, примерно до глубины 60 м, так как ниже этих глубин минерализация воды повышается до 2 г/л и более.

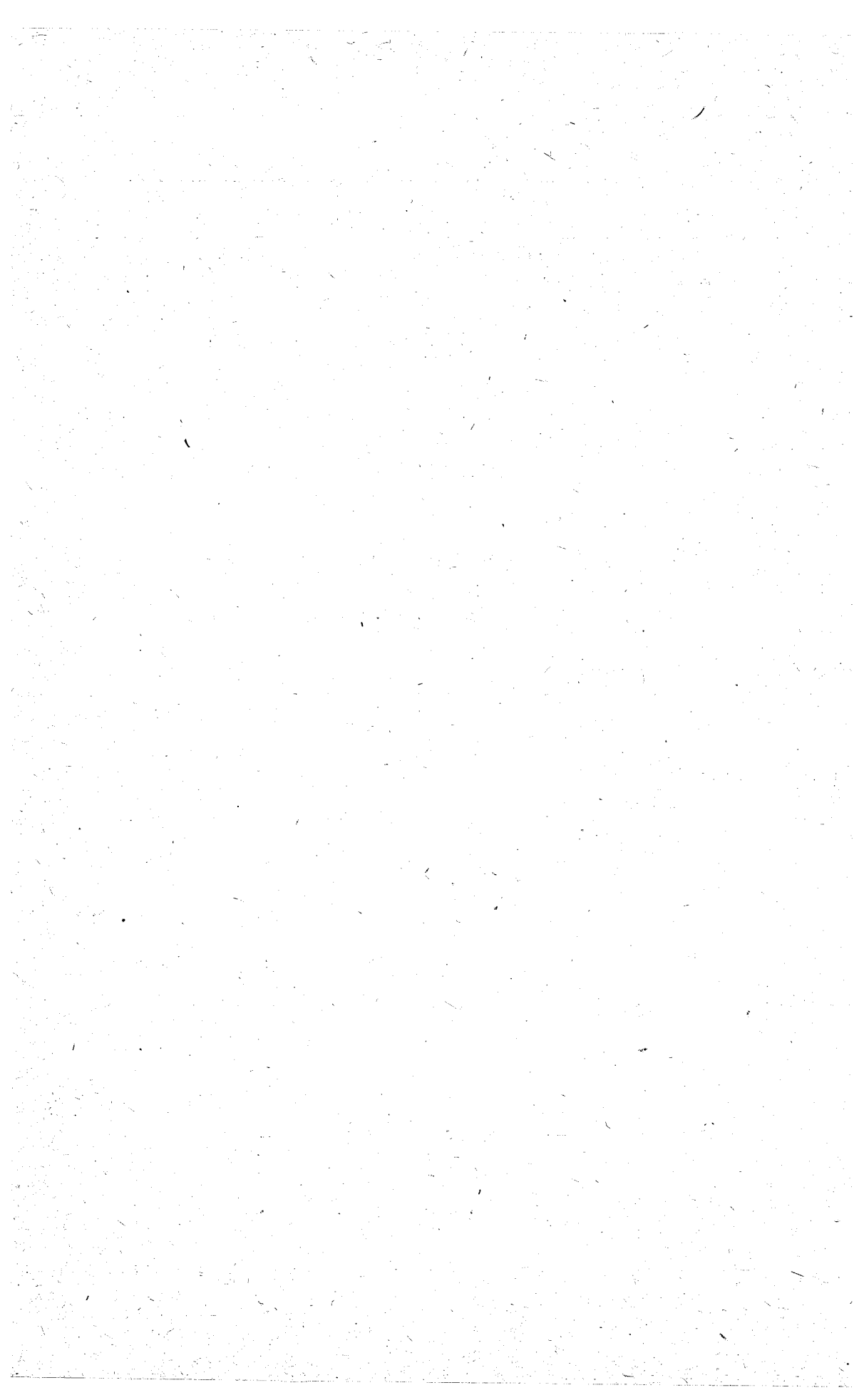
Ввиду различной трещиноватости ордовикских известняков по разрезу и различной вскрытой мощности по отдельным скважинам, коэффициенты фильтрации карбонатной толщи изменяются от 0,6 до 10,0 и 15,0 *м/сутки*, а удельные дебиты скважин от 0,2 до 1,0 *л/сек*. Ввиду значительного удаления от Силурийского (ордовикского) плато (области питания) режим ордовикского горизонта в районе г. Любани довольно устойчив, дебиты скважин практически не меняются по сезонам и можно полагать, что естественно-динамические ресурсы этого горизонта намного превосходят потребности поселка в воде.

Как показал анализ данных опытных откачек из существующих скважин, эксплуатирующих ордовикский горизонт, их суммарная производительность при оптимальных понижениях уровня составляет около 3000 *м³/час*. Однако, учитывая возможность подсосывания вод

повышенной минерализации из нижней зоны ордовикского горизонта, в рекомендациях предусмотрено уменьшение эксплуатационных понижений уровня и составлен проект заложения новых скважин для эксплуатации верхней зоны ордовикского горизонта, ориентировочная производительность которых определена в размере около 460 м<sup>3</sup>/сутки.

Таким образом, усиление использования ордовикского горизонта полностью обеспечит растущую потребность г. Любани в доброкачественной воде.

---



## О ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКАХ РАДОНА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Случаи повышенного содержания радона в подземных водах Ленинградской области известны с конца 30-х годов. Первые выходы таких вод были обнаружены в кембро-ордовикских отложениях в районе деревень Лопухинка и Воронино. Содержание радона в этих родниках достигало 36—342  $\text{эм/л}$ . В последующие годы число водопунктов такого рода значительно возросло, они охватили не только территорию Ленинградской области, но и прилегающие к ней районы, а в геологическом отношении оказались связанными с весьма разнообразными комплексами горных пород (рис. 18). К настоящему времени по радоновым водам накоплен довольно обширный фактический материал, однако публикации по этому вопросу являются более чем скромными. Нам известны только две работы, вышедшие в 1964 г. почти одновременно: небольшие статьи

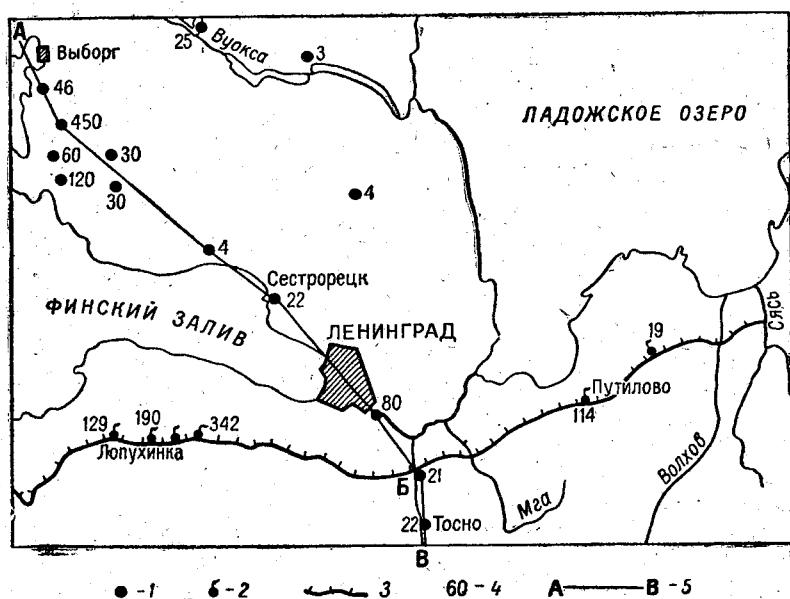


Рис. 18. Схема расположения водопунктов с повышенным содержанием радона. 1—скважина, 2—родник, 3—глинт, 4—содержание радона в эманах на литр, 5—линия геологического разреза

В. Ф. Дерпгольца и Е. Л. Грейсера, В. С. Саванина. Обе работы, по существу, представляют собой краткие сообщения о наиболее высоких содержаниях радона в водах ряда родников и скважин и поднимают вопрос об использовании их как минеральных вод.

Кроме того, в этих работах предлагается разделение радоновых вод на генетические группы: выделяются радоновые воды, связанные с корой выветривания гранитов-рапакиви, и радоновые воды, связанные с песками и песчаниками кембро-ордовика.

Первая генетическая группа была выделена, по-видимому, удачно. Она охватывает подземные воды целого ряда отложений, для которых источником радона является кора выветривания гранитов-рапакиви. На Карельском перешейке в основании разреза осадочных пород залегают верхнепротерозойские кристаллические породы фундамента, представленные в основном гранитами. Верхняя часть этих гранитов на глубину 10—15 м трещиновата. На них в пределах Балтийского кристаллического щита лежит песчано-дресвяный горизонт мощностью 3—5 м, на остальной территории породы фундамента перекрыты отложениями гдовского горизонта вендского комплекса верхнего протерозоя, а в местах его отсутствия — супесчаной мореной. Песчаные разности гдовского горизонта и четвертичных отложений, зона дезинтеграции и трещиноватая зона гранитов водонасыщены.

Вторая генетическая группа, на наш взгляд, получила не менее удачное название, так как последнее отражает наиболее вероятный источник поступления в эти воды радона. В приглинтовой полосе Силурий-

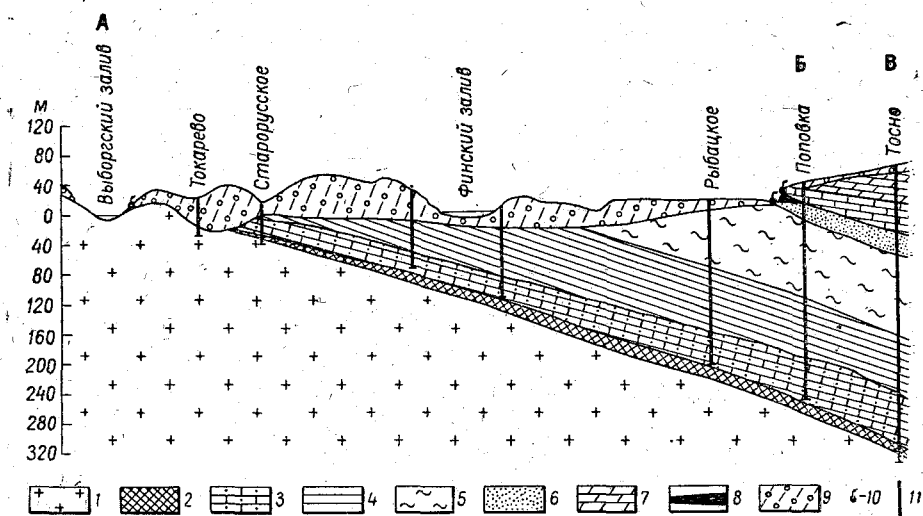


Рис. 19. Геологический разрез.

1—граниты, гнейсы, мигматиты кристаллического фундамента; 2—кора выветривания пород кристаллического фундамента; 3—песчаники с прослоями аргиллитоподобных глин гдовского горизонта; 4—ляминаритовые глины, алевролиты котлинского горизонта; 5—синие глины латовасского горизонта; 6—пески и песчаники пакерортского и тискрекского горизонтов; 7—известняки и доломиты нижнего ордовика; 8—диктионемовый сланец; 9—ледниковые и послеледниковые четвертичные отложения; 10—родники; 11—скважины



ского и Волховского плато на кембрийских глинах залегают пески и песчаники пиритаской свиты, гискрекского и пакеррортского горизонтов мощностью до 25 м, представляющие собой регионально распространенный кембро-ордовикский водоносный горизонт. В кровле этого горизонта лежат диктионемовые сланцы и глинистые песчаники леэтского горизонта, образующие его водоупорную кровлю. Выше повсеместно залегают водоносные известняки нижнего ордовика. В названных работах формирование радоновых вод кембро-ордовикских отложений связывается с горизонтом диктионемовых сланцев, обладающих повышенной радиоактивностью. Несмотря на последнее обстоятельство, подобное утверждение является дискуссионным. Радон — это газ, а газ, известно, всегда движется вверх. Поэтому выделяющийся из диктионемовых сланцев радон должен насыщать, главным образом, воды известняков нижнего ордовика, а не пески и песчаники кембро-ордовикского горизонта (рис. 19). Возможно, что источником эманирования являются сами кембро-ордовикские пески и песчаники и, в первую очередь, оболочевые песчаники, содержащие фосфатные раковины, которые, как известно, являются хорошими сорбентами различных урановых соединений. Кроме того, в этих песчаниках цемент представлен в основном гидроокисями железа, при участии которых имеют место процессы адсорбации и осаднения урана. Рассматривая геологию урановых месторождений капиталистических стран, В. С. Домарев (1956 г.) показывает, что морские фосфоритоносные формации обычно относительно богаты ураном, причем возраст их, как правило, колеблется от палеозойского до кайнозойского. Фосфориты являются широко распространенными ураноносными образованиями и характеризуются невысоким, но довольно постоянным его содержанием, составляющим обычно тысячные или первые сотые доли процента. Анализы проб из различных районов распространения фосфоритоносной формации во Флориде (Домарев, 1956) показали содержание урана от 0,004 до 0,060 %, при этом уран получают попутно при производстве фосфатных удобрений.

Повышенные содержания радона, наблюдаемые в водах кембро-ордовикских песчаников, могут быть связаны и с иным источником. Известно, что подстилающие эти песчаники кембрийские глины в верхней части своего разреза содержат значительные скопления пирита и марказита, окисление которых приводит к обогащению нижней части кембро-ордовикского водоносного горизонта сульфат-ионом. В пределах Ленинградской области в водах этого горизонта, вскрытых скважинами в районе от пос. Саблино до пос. Можайского, содержание сульфатов колеблется от 10 до 37 мг-экв/л при минерализации 167—450 мг/л. В пределах Эстонии (Дудко, 1964) в этих же водах содержится 18—21 мг-экв/л сульфат-иона при минерализациях 194—481 мг/л. В. Ф. Дерпгольц (1964), обобщая материалы по минеральным водам Ленинградской области, пришел к выводу, что гипсовые воды приурочены преимущественно к верхам кембрия и к низам ордовика и очень часто к оболочевым песчаникам. Присутствие же в воде сульфат-иона может вызвать сокристаллизацию изотопов радия при образовании труднорастворимых сульфатов свинца, бария и стронция. К сожалению, содержание этих элементов в водах кембро-ордовикских отложений нам неизвестно, однако о них можно получить определенные представления, рассматривая косвенные материалы. Так, в Полюстрово с глубины 24—41 м (Дерпгольц, 1964) получены воды с содержанием стронция 0,01 мг/л,

бария 0,006 мг/л и свинца 0,00001 мг/л, а средние их содержания в речных водах составляют стронция 0,0018 мг/л, бария 0,0017 мг/л, свинца 0,00008 мг/л (Катченков, 1959). При растворимости сульфата бария, равной 0,0022 мг/л (при 18° С), вполне можно предположить его выпадание из вод кембро-ордовикского горизонта.

Таким образом, в настоящее время можно сформулировать три гипотетических положения о возможных источниках радона в подземных водах Ленинградской области:

В подземные воды гдовского водоносного горизонта и в подземные воды четвертичных отложений, перекрывающих граниты кристаллического фундамента, а также в воды зон дезинтеграции и трещиноватости гранитов, радон поступает из коры выветривания гранитов при самопроизвольном распаде радия, находящегося в них в рассеянном состоянии при нормальных концентрациях (кларковых).

В подземные воды кембро-ордовикского водоносного горизонта радон поступает при распаде радия, либо:

а) находящегося вблизи своих материнских элементов, образующих заметное рудопроявление в оболовых песчаниках, либо

б) попадающего в пески и песчаники, в результате сокристаллизации при выпадении из раствора сульфата бария.

Существующий в настоящее время фактический материал позволяет рассмотреть каждую версию более подробно и оценить степень ее достоверности рядом ориентировочных расчетов.

И. Е. Стариком и Д. С. Николаевым (1940) было установлено, что в природных условиях в образовании повышенных концентраций радона в водах основную роль играет содержание радия в породах, коэффициент эманирования пород и время соприкосновения активизирующих пород с водой. Концентрация радона в подземной воде определяется формулой

$$N = \frac{A\alpha(1-\eta)d}{W} \left( 1 - e^{-\lambda \frac{l}{v}} \right), \quad (1)$$

где  $N$  — концентрация радона в воде в единицах  $\text{к/см}^3$ ;

$A$  — содержание радия в породе в  $\text{г/г}$  породы;

$\alpha$  — коэффициент эманирования породы в %;

$\eta$  — пористость породы;

$d$  — плотность породы в  $\text{г/см}^3$ ;

$w$  — влагоемкость породы в %;

$\lambda$  — константа распада радона;

$l$  — путь, проходимый водой, в м;

$v$  — скорость фильтрации воды в  $\text{м/сутки}$ .

С помощью данной формулы рассмотрим достоверность предложенных версий.

Вначале рассчитаем теоретические максимально-возможные содержания радона в подземных водах коры выветривания гранитов в пределах Карельского перешейка. Если источником радона в подземных водах гранитов является радий, содержание которого не превышает кларковых значений, то наиболее выгодными условиями накопления радона являются: практическое отсутствие водообмена и абсолютно высокий коэффициент эманирования. Кларк радия в гранитах равен  $1,34 \cdot 10^{-12} \text{ г/г}$  (Баранов, 1955). Пористость гранитов очень низкая и, как правило, не

превышает 1%. В зоне трещиноватости величину пористости с учетом трещин можно принять равной 5—10%, а среднюю плотность — 2,6 г/см<sup>3</sup>. Полагая скорость фильтрации  $v \approx 0$ , а коэффициент эманирования близким к 100%, получим концентрацию радона в воде 300—660 эм/л. Эти концентрации следует рассматривать как максимально возможные. На самом деле вода в гранитной коре выветривания движется, а коэффициент эманирования не равен 100%, в связи с чем реальные концентрации радона в рассматриваемых подземных водах должны быть ниже вычисленных. С этих позиций анализ фактического материала радиоактивности подземных вод в гранитах Карельского перешейка представляет известный интерес (табл. I).

Таблица 1

Радиоактивность подземных вод в гранитах Карельского перешейка

| № п/п | Местоположение водопункта       | Дебит, л/сек          | Интервал опробования, м | Содержание          |                    |          | Источник сведений |
|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------------|
|       |                                 | пониж., м             |                         | U, г/л              | Ra, г/л            | Rn, эм/л |                   |
| 1     | Скв. № 206 дер. Зайчихино,      | 0,1                   | 28—35                   | $3,2 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-12}$ | 50—60    | Е. Л. Грейсер     |
| 2     | Скв. № 213, дер. Морское        | 4,4                   | 68—75                   | $6,7 \cdot 10^{-7}$ | $2 \cdot 10^{-11}$ | 78—120   | "                 |
| 3     | Скв. № 574, дер. Токарево       | $\frac{0,41}{30,4}$   | 11—43                   | —                   | $1 \cdot 10^{-13}$ | 450      | А. Е. Гречко      |
| 4     | Скв. № 1, дер. Бородинское      | —                     | —                       | $6,5 \cdot 10^{-7}$ | $4 \cdot 10^{-12}$ | 23       | В. Б. Козлов      |
| 5     | Скв. № 42, дер. Лебедевка       | $\frac{0,5^*}{44}$    | 18,8—70                 | $2,4 \cdot 10^{-6}$ | $8 \cdot 10^{-15}$ | 4        | "                 |
| 6     | Колодец № 215, Выборгский район | —*                    | 1,0                     | —                   | —                  | 12       | А. Е. Гречко      |
| 7     | Скв. № 225, Выборгский район    | $\frac{0,02^*}{6,5}$  | 10,4—17                 | —                   | —                  | 33       | "                 |
| 8     | Скв. № 228, Выборгский район    | $\frac{0,14^*}{11,8}$ | 29—41                   | —                   | —                  | 26       | "                 |
| 9     | Скв. № 205, дер. Вязы           | —*                    | —                       | —                   | —                  | 8        | Е. Л. Грейсер     |

\*—откачка эрлифтом

С методической точки зрения, опробование этих вод на радон было не равноценным: часть скважин опробовалась при самоизливе или при откачке желонкой и различными погружными насосами, а часть при откачке эрлифтом. При последнем способе, по-видимому, происходило относительное разубоживание проб, и результаты анализа показывают заниженные значения концентраций радона. Но даже в этих пробах содержание радона достигает 33 эм/л. С генетических же позиций наибольший интерес представляют пробы, полученные при самоизливе или откачке погружными насосами. Количество радона в них колеблется от 23 до 450 эм/л. Как и следовало ожидать, максимальные содержания

радона приурочены к участкам с низкой пористостью и очень замедленным движением подземных вод. Так, скважина в дер. Токарево, вскрывшая воду с самой высокой концентрацией радона, имеет удельный дебит 0,014 л/сек и пройдена на склоне древней чашеобразной долины. Такой низкий удельный дебит свидетельствует об очень малой пористости и трещиноватости, об очень плохой водоотдаче пород. Наличие же чашеобразной долины обуславливает чрезвычайно низкие скорости фильтрации и замедленный водообмен. У края такой «чаши» (там, где пройдена скважина) скорости фильтрации еще более низкие, чем на центральных участках, где расположены скважины деревень Зайчихино и Морское. Относительно повышенный водообмен на последних участках обуславливает, по-видимому, и несколько более низкие концентрации радона в подземных водах. Кроме того, на участке деревень Зайчихино и Морское широко развита зона дезинтеграции гранитов, которая характеризуется относительно большей пористостью и трещиноватостью, чем трещиноватая зона. Скважина в дер. Бородинское расположена несколько обособленно и пройдена в иных гидрогеологических условиях: зоны дезинтеграции здесь почти нет, а на трещиноватых гранитах непосредственно залегает морена. Отсутствие чашеобразной структуры обуславливает относительно высокие скорости фильтрации подземных вод.

Кроме того, следует принять во внимание, что коэффициенты эмансирования во всех рассмотренных случаях существенно отличаются от 100%. Поэтому, учитывая реальные гидрогеологические условия, можно предположить, что на участках с высокими концентрациями радона в подземных водах содержание радия во вмещающих гранитах заметно превышает кларковые значения, хотя порядок величин, видимо, остается тем же.

Рассмотренный фактический материал подкрепляет выдвинутую версию о источнике радона в подземных водах трещиноватой зоны гранитов и зоны их дезинтеграции. Кроме того, дозволительно сделать вывод о том, что при поисках и разведке радоновых вод для бальнеологических целей, геологические работы следует ориентировать на изучение участков со слабым водообменом и изолированной гидрогеологической структурой. При этом, как правило, колодцы и скважины, вскрывающие водоносные горизонты с высоким содержанием радона в водах, будут малодебитными.

В воды четвертичных отложений и отложений гдовского горизонта радон попадает из подстилающих гранитов, и именно в этом, в первую очередь, условия накопления в них радона отличаются от только что рассмотренных. Поэтому расчет максимальных возможных концентраций радона в этих водах должен производиться по иной схеме.

В четвертичных отложениях развиты преимущественно грунтовые воды с открытой водной поверхностью. Для них оценка максимальных возможных концентраций радона может быть получена путем решения задачи о распределении радона в неактивных наносах, покрывающих активную или высокоэмансирующую породу. В радиометрии такая задача решена. Для наиболее вероятного диапазона коэффициентов диффузии в рыхлых наносах ( $0,04-0,004 \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$ ) распределение концентраций радона в них происходит следующим образом: (см. табл. 2). где  $h$  — мощность наносов в м,  $N_0$  — концентрация радона у поверхности активного слоя.

Таблица 2

## Распределение концентраций радона в наносах

| Концентрация радона |                                 | $\frac{N_0}{2}$ | $\frac{N_0}{10}$ | $\frac{N_0}{100}$ | $\frac{N_0}{1000}$ | Кoeffици-<br>ент<br>диффу-<br>зии, $D$ |
|---------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------------|
| $h=10$ м            | расстояние от активного<br>слоя | 0,96            | 3,18             | 6,35              | 9,10               | 0,04                                   |
|                     |                                 | 0,30            | 1,00             | 2,01              | 3,02               | 0,004                                  |
| $h=5$ м             | расстояние от активного<br>слоя | 0,97            | 3,14             | 4,75              | 4,95               | 0,04                                   |
|                     |                                 | 0,31            | 1,01             | 2,00              | 3,02               | 0,004                                  |

Указанное распределение концентраций рассчитано для наносов естественной влажности, характерной для зоны аэрации. В зоне насыщения коэффициенты диффузии меньше, и концентрации радона от поверхности активного слоя будут падать еще более резко. Принимая за оптимальные условия накопления радона в грунтовых водах четвертичных отложений следующие положения: весь радон, поступающий в рыхлые наносы, растворяется в грунтовых водах, а распределение его по глубине соответствует приведенным данным, и исходя из концентраций радона, вычисленных для трещиноватой зоны гранитов, получим следующие максимально возможные концентрации радона в подземных водах четвертичных отложений, залегающих на коре выветривания гранитов: у подошвы водоносного горизонта — 100—70 эм/л, на расстоянии 4—6 м от подошвы 10—5 эм/л. Эти цифры получены для случая отсутствия водообмена.

Фактические концентрации радона, наблюдаемые в реальных условиях, колеблются от 2,6 до 46 эм/л (табл. 3). При этом максимальные концентрации связаны с низкими дебитами. Видно, что расчетный материал вполне увязывается с фактическими данными.

Таблица 3

Радиоактивность подземных вод четвертичных отложений.  
Карельский перешеек.

| № п/п | Местоположение<br>водопункта       | Дебит,<br>$\frac{\text{л/сек}}{\text{пониж., м}}$ | Интервал<br>опробова-<br>ния, м | Содержание          |                       |                | Источник<br>сведений |
|-------|------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|----------------------|
|       |                                    |                                                   |                                 | $U$ , г/л           | $Ra$ , г/л            | $Rn$ ,<br>эм/л |                      |
| 1     | Колодец № 346,<br>Выборгский район | $\frac{0,04}{1,0}$                                | 1,0                             | —                   | —                     | 9,9            | А. Е. Гречко         |
| 2     | Родник № 275,<br>Выборгский район  | 0,01                                              | —                               | —                   | —                     | 46             | "                    |
| 3     | Родник дер.<br>Ладышевка           | 0,04                                              | —                               | —                   | —                     | 17             | "                    |
| 4     | Скв. № 514,<br>гор. Приморск       | $\frac{0,5}{7,0}$                                 | 34—42                           | $6,5 \cdot 10^{-7}$ | $1,02 \cdot 10^{-11}$ | 2,6            | Е. Л. Грейсер        |

Подземные воды гдовского горизонта являются напорными. В кровле горизонта залегает мощная толща кембрийских глин, представляющая собой хороший регионально выдержанный водоупор, обеспечивающий условия, при которых выход эманации в атмосферу практиче-

ски отсутствует. В такой обстановке с течением времени устанавливается стационарное распределение концентраций радона, которое наступает тогда, когда поток эманации из активного слоя будет равен количеству ее, распадающемуся в единицу времени внутри вышележащего слоя. При этих условиях для концентрации  $N$  существует выражение

$$N=N_0 \frac{Sh\sqrt{\frac{\lambda}{D}}(h-x)}{Ch\sqrt{\frac{\lambda}{D}}n} \quad (2)$$

Мощность гдовского горизонта достигает 30 м. Рассчитаем возможные концентрации радона вблизи его подошвы и кровли, на расстояниях от первой 1; 5 и 25 м при следующих значениях остальных параметров:  $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ сек}^{-1}$ ;  $D = 0,04 \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$ ,  $N_0 = 500 \text{ эм/л}$ .

Для случая практического отсутствия водообмена, при условии полного растворения радона, его концентрация в водах гдовского горизонта может достигать в 1 м от подошвы 100 эм/л, в 5 м — 5 эм/л, а в 5 м от кровли должно наблюдаться практическое отсутствие радона. При расчетах этих величин принимались оптимальные условия, часть которых заведомо идеализировалась; поэтому реальные концентрации радона в рассматриваемых водах будут обязательно меньше расчетных значений. Фактические данные действительно ниже приведенных величин (табл. 4, 5).

Таблица 4

Радиоактивность подземных вод гдовского горизонта. Карельский перешеек

| № п/п | Местоположение водопункта     | Дебит,             | Интервал опробования, м | Содержание          |                      |          | Источник сведений |
|-------|-------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|----------|-------------------|
|       |                               | л/сек<br>пониж., м |                         | U, г/л              | Ra, г/л              | Rn, эм/л |                   |
| 1     | Скв. № 211, дер. Старорусская | 20                 | 17—30                   | $5,0 \cdot 10^{-7}$ | $1,0 \cdot 10^{-12}$ | 30       | Е. Л. Грейсер     |
| 2     | Скв. № 212, дер. Межозерное   | 100                | 28—30                   | $6,7 \cdot 10^{-7}$ | $4,8 \cdot 10^{-12}$ | 30       | Е. Л. Грейсер     |
| 3     | Ст. Громово                   | —                  | —                       | $6,5 \cdot 10^{-7}$ | $5,1 \cdot 10^{-12}$ | 3,1      | П. М. Гасс        |
| 4     | Пос. Смолячково               | —                  | —                       | $6,5 \cdot 10^{-7}$ | $5,1 \cdot 10^{-12}$ | 2,3      | "                 |
| 5     | Пос. Молодежный               | —                  | —                       | —                   | $5,0 \cdot 10^{-12}$ | 3,4      | "                 |
| 6     | Пос. Рошино                   | —                  | —                       | —                   | —                    | 3,8      | "                 |
| 7     | Ст. Курорт                    | —                  | —                       | —                   | —                    | 6,9      | "                 |
| 8     | Ст. Сестрорецк                | —                  | —                       | $6,5 \cdot 10^{-7}$ | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | 22       | "                 |
| 9     | Пос. Лемболово                | —                  | —                       | $5,0 \cdot 10^{-7}$ | —                    | 3,7      | В. Ф. Дерпгольд   |
| 10    | Пос. Васкелово                | —                  | —                       | —                   | —                    | 4,0      | П. М. Гасс        |

Таблица 5

## Радиоактивность подземных вод гдовского и стрельницкого горизонтов

| № п/п | Местоположение водопункта | Содержание          |                       |             | Источник сведений   |
|-------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------------------|
|       |                           | $U$ , г/л           | $Ra$ , г/л            | $Rn$ , эм/л |                     |
| 1     | Ст. Поповка               | $9 \cdot 10^{-7}$   | $1,03 \cdot 10^{-10}$ | 21          | П. М. Гасс          |
| 2     | Дер. Померанье            | $6,5 \cdot 10^{-7}$ | $1,16 \cdot 10^{-10}$ | 5,8         | "                   |
| 3     | Пос. Тосно                | $5 \cdot 10^{-7}$   | —                     | 22          | "                   |
| 4     | Дер. Черницы              | $5 \cdot 10^{-7}$   | —                     | 32          | "                   |
| 5     | Пос. Рыбацкое             | —                   | —                     | 80          | Б. Н. Архангельский |

И все же можно сказать, что обстановка, в которой происходит накопление радона в водах гдовского горизонта, в связи с его изолированностью от атмосферы, отличается от обстановки четвертичных отложений несколько более выгодными условиями.

Поэтому, несмотря на один и тот же источник поступления эманации, в гдовском горизонте, особенно в нижних его частях, можно ожидать достаточно высокие концентрации радона, приуроченные главным образом к участкам со слабым движением подземных вод.

Для проверки версий, выдвинутых по кембро-ордовикскому горизонту, целесообразно пойти по следующему пути: принимая известные концентрации радона в подземных водах горизонта (табл. 6) за максимальные, рассчитываем по формуле (1) соответствующие им содержания радия во вмещающих песчаниках.

Таблица 6

Радиоактивность подземных вод кембро-ордовикского горизонта.  
Силурийское и Волховское плато.

| № п/п | Местоположение водопунктов      | Дебит, л/сек. | Содержание        |                    |             | Источник сведений                                       |
|-------|---------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------------------------------------------------|
|       |                                 |               | $U$ , г/л         | $Ra$ , г/л         | $Rn$ , эм/л |                                                         |
| 1     | Группа родников у дер. Путилово | 0,3           | $6 \cdot 10^{-6}$ | $2 \cdot 10^{-12}$ | 114         | В. С. Саванин                                           |
| 2     | Родник Б. Гаргола               | 0,2           | $8 \cdot 10^{-7}$ | —                  | 19          | Л. М. Курбатов<br>А. М. Федорова<br>Б. Н. Архангельский |
| 3     | Родник дер. Лопухинка           | 0,1—0,3       | —                 | —                  | 190         |                                                         |
| 4     | Родник дер. Воронино            | 0,05—0,5      | —                 | —                  | 342         |                                                         |
| 5     | Родник дер. Ранолово            | —             | —                 | —                  | 129         |                                                         |

Исходя из оптимальных условий и принимая среднюю пористость песчаников равной 25%, получим нижний предел содержаний в них радия  $—4,4 \cdot 10^{-12}$  г/г. Сразу отметим, что эта цифра превышает среднее содержание радия в кислых изверженных породах, а так как она является минимальным значением, то можно предполагать привнос радия в песчаники кембро-ордовикского горизонта одним из рассмотренных выше путей. Если повышенные содержания радия находятся вблизи своих материнских элементов, то полезно подсчитать количество урана, равновесное с вычисленным содержанием радия. Это количество равно

$1,31 \cdot 10^{-5}$  г/г или 0,0013%. В настоящее время установлено, что выщелачиваемость радия из пород и минералов больше, чем урана. Учитывая это обстоятельство, а также заведомое занижение рассчитанных значений радия, можно предполагать содержание урана в песчаниках кембрийского периода до нескольких тысячных, а в ряде случаев и сотых процента. Однако возможность обогащения песчаников радием за счет его сокристаллизации с сульфатом бария остается такой же правомочной, как и существование уранового рудопроявления.

В последние годы повышенные концентрации радона обнаружены на некоторых участках подземных вод девонских (?) отложений (табл. 7). Их детальное исследование также представляет большой теоретический и практический интерес.

Таблица 7

| Радиоактивность подземных вод девонских отложений |                            |            |                      |          |                   |
|---------------------------------------------------|----------------------------|------------|----------------------|----------|-------------------|
| № п/п                                             | Местоположение водопунктов | Содержание |                      |          | Источник сведений |
|                                                   |                            | U, г/л     | Ra, г/л              | Rn, эм/л |                   |
| 1                                                 | Гор. Лодейное поле         | —          | $5,1 \cdot 10^{-12}$ | 0,74     | П. М. Гасс        |
| 2                                                 | дер. Курново               | —          | $3,5 \cdot 10^{-12}$ | 4,05     | "                 |
| 3                                                 | Ст. Оять                   | —          | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | 4,70     | "                 |

Краткое рассмотрение генетических проблем подземных вод Ленинградской области, обладающих повышенными концентрациями радона, вскрыло целый комплекс геологических, геохимических и гидрогеологических вопросов, требующих тщательного изучения. Решение этих вопросов поможет не только объяснить происхождение высоких концентраций радона в водах различных водоносных горизонтов, но и правильно ориентировать их поиски, разведку и эксплуатацию, а также позволит более широко исследовать проблему радиоактивности некоторых геологических толщ.



## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

### ПРЕДИСЛОВИЕ

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. Краткий физико-географический очерк. <i>И. Н. Лобанов</i> и <i>Т. А. Франк-Каменецкая</i>                                | 9  |
| II. Подземные воды Вуоксинской низины                                                                                       | 19 |
| 1. Геолого-геоморфологические особенности. <i>И. Н. Лобанов</i>                                                             | 19 |
| 2. Гидрогеологические условия. <i>И. Н. Лобанов</i>                                                                         | 24 |
| 3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию. <i>Г. Л. Акулов</i> | 28 |
| III. Подземные воды Кембрийской низменности                                                                                 | 33 |
| 1. Геолого-геоморфологические особенности. <i>И. Н. Лобанов</i>                                                             | 33 |
| 2. Гидрогеологические условия. <i>П. Н. Морозов</i>                                                                         | 38 |
| 3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию. <i>Г. Л. Акулов</i> | 45 |
| IV. Подземные воды Силурийского (ордовикского) плато                                                                        | 49 |
| 1. Геолого-геоморфологические особенности. <i>И. Н. Лобанов</i>                                                             | 49 |
| 2. Гидрогеологические условия. <i>Г. Л. Акулов</i>                                                                          | 65 |
| 3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию. <i>Г. Л. Акулов</i> | 69 |
| V. Подземные воды северо-западной части Девонского плато                                                                    | 77 |
| 1. Геолого-геоморфологические особенности. <i>И. Н. Лобанов</i>                                                             | 77 |
| 2. Гидрогеологические условия. <i>Г. Л. Акулов</i>                                                                          | 80 |
| 3. Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов и рекомендации по их рациональному использованию. <i>Г. Л. Акулов</i> | 86 |
| VI. О возможных источниках радона в подземных водах Ленинградской области.<br><i>Е. Л. Грейсер</i> и <i>А. Н. Павлов</i>    | 95 |

Редактор *З. Б. Ваксенбург*

---

Поступило в производство 16.08.68 г. Подп. к печати 18.06.69 г. М 50042. Зак. 744.  
Тираж 500. Печ. л. 6,5. Цена 90 коп.

---

Тип. ВВМУПП им. Лен. комсомола





**Цена 90 коп.**