

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

М.С. Плеханов

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2012

УДК 556.3(470.53)(078)

ПЗ8

Рецензенты:

канд. техн. наук, проф. *Б.С. Юшков*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет);
канд. техн. наук, директор
ГСНПП «Геоинъекция» *А.Б. Кондратов*

Плеханов, М.С.

ПЗ8 Гидрогеологические особенности Пермского края : учеб.
пособие / М.С. Плеханов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед.
политехн. ун-та, 2012. – 173 с.

ISBN 978-5-398-00867-8

Приведены основные элементы рабочей программы, необходимые для изучения, освоения и закрепления знаний дисциплины «Гидрологические особенности Пермского края»: последовательно изложены основные понятия геологии, гидрологии и гидрогеологии; подробно освещены вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Пермского края; особое внимание уделено формированию, ресурсам подземных вод; приведены мероприятия, выполнение которых обеспечивает сохранность строящихся и эксплуатирующихся сооружений на территории края.

Предназначено для магистерской подготовки по направлению 280700.68 «Техносферная безопасность».

УДК 556.3(470.53)(078)

ISBN 978-5-398-00867-8

© ПНИПУ, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ, ГИДРОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ЗЕМЛИ	9
1.1. Краткие сведения о геологии	9
1.1.1. Краткие сведения о минералогии	13
1.1.2. Краткие сведения о петрографии	14
1.1.3. Краткие сведения о динамической геологии	19
1.1.4. Краткие сведения из исторической геологии. Геологические карты	29
1.2. Краткие сведения о гидрологии	33
1.2.1. Краткие сведения из истории гидрологии Земли	34
1.2.2. Физические и химические свойства воды	35
1.2.3. Круговорот воды в природе	37
1.2.4. Гидрология ледников	40
1.2.5. Гидрология рек, озер, водохранилищ, болот	43
1.3. Краткие сведения об инженерной геологии	49
1.3.1. Основы грунтоведения	50
1.3.2. Основные инженерно-геологические процессы и явления	57
Вопросы по первой главе	63
Глава 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОГЕОЛОГИИ ЗЕМЛИ	65
2.1. Виды воды в горных породах, минералах	65
2.2. Гидрогеологические свойства пород	67
2.3. Свойства и состав подземных вод	67
2.4. Гидрология подземных вод	69
2.4.1. Классификация подземных вод	69
2.4.2. Воды зоны аэрации. Почвенные воды, верховодка, капиллярная вода	70
2.4.3. Воды зоны насыщения. Грунтовые воды	71
2.4.4. Артезианские и глубинные воды	72
2.4.5. Движение подземных вод	72
2.4.6. Водный баланс и режим подземных вод	73
2.4.7. Практическое значение и охрана подземных вод	75
Вопросы по второй главе	76

Глава 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ, ГИДРОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	78
3.1. Краткие сведения о гидрогеологии Пермского края	78
3.1.1. Геолого-геофизическая изученность территории Пермского края	79
3.1.2. Гидрогеология Пермского края	81
3.2. Особенности гидрогеологии Пермского края.....	91
3.2.1. Геология и гидрология Пермского края	91
3.2.2. Основы геологического строения территории Пермского края	95
3.2.3. Особенности гидрогеологии Пермского края	98
3.2.4. Формирование подземных вод Пермского края	126
3.2.5. Ресурсы подземных вод Пермского края.....	130
3.2.6. Использование подземных вод Пермского края для водоснабжения	133
3.2.7. Минеральные и промышленные воды Пермского края	135
3.2.8. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых Пермского края	137
Вопросы по третьей главе	138
Глава 4. ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	143
4.1. А – восточная окраина Русской платформы в границах Пермского края	144
4.2. Район А1 Пермского края	145
4.3. Район А2 Пермского края	146
4.4. Б – горноскладчатый Урал Пермского края	151
4.5. Б1 – инженерно-геологический и гидрогеологический район-область, приуроченный к остаточным горам западного склона Уральских гор, расположенных в Пермском крае	152
4.6. Б2 – область остаточных гор осевой зоны Уральских гор, расположенных в Пермском крае	154
4.7. Инженерно-геологическая характеристика Пермского края. Заключение	155
Вопросы по четвертой главе.....	157

Глава 5. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РАЙОНАХ ОПАСНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	159
5.1. Общие положения инженерной защиты от опасных гидрогеологических процессов.....	161
5.2. Мероприятия инженерной защиты	161
5.3. Зарегистрированные проявления опасных гидрогеологических процессов на территории Пермского края.....	163
5.4. Противооползневые и противообвальные сооружения и мероприятия, которые возможно применять на территории Пермского края.....	163
5.5. Противокарстовые мероприятия на территории Пермского края.....	164
5.6. Защитные сооружения и мероприятия по сохранению берегов рек и водохранилищ.....	165
5.7. Защитные сооружения и мероприятия от затопления или подтопления территорий.....	166
Вопросы по пятой главе.....	167
Заключение	169
Список литературы	172

ВВЕДЕНИЕ

Гидрогеология изучает не только закономерности распространения, залегания и движения подземных вод, но и их роль в геологических процессах, а также условия и возможности хозяйственного использования подземных вод (разведка и добыча).

Гидрогеология решает задачи по инженерно-геологическому обеспечению строительства, мелиорации, разработки месторождений полезных ископаемых и др.

Относясь к естественным наукам, гидрогеология изучает процессы, протекающие в земной коре с участием подземных вод, их формирование и влияние на образование горных пород.

Подземные воды как геологическое тело, обладающее высокой физико-химической подвижностью, занимают особое место в изучении гидрогеологических закономерностей, происходящих на нашей планете.

Одновременно геология, гидрология и гидрогеология являются прикладными науками, которые призваны решать задачи инженерного обеспечения жизнедеятельности на конкретных территориях, в разных отраслях хозяйственной деятельности; горнодобывающей и нефтяной промышленности; разработки месторождений полезных ископаемых; сельскохозяйственной мелиорации; строительства сооружений, в том числе гидросооружений и т.д.

В гидрогеологии выделяют два направления – фундаментально-теоретическое и прикладное, или инженерное, которое решает конкретную хозяйственную задачу.

Теоретическая часть гидрогеологии делится на гидрогеодинамику, гидрогеохимию, гидрогеотермию, изучающие основные

физико-химические и физические процессы, протекающие в подземных водах.

Прикладная гидрогеология решает конкретные хозяйственные задачи, основная из которых поиск и разведка подземных вод, определение возможности использования их для решения целевых задач.

Особым разделом прикладной гидрогеологии является поисковая гидрогеология, с помощью которой ведется разведка нефтегазовых месторождений и месторождений металлов и других полезных ископаемых. Это направление основано на выявлении и интерпретации гидрогеохимических признаков рассеивания месторождения полезных ископаемых в подземных водах.

При проведении гидрогеологических работ основная роль отведена бурению и опробованию скважин на выявление количества и качества подземных вод.

При изучении гидрогеологических процессов наиболее актуальными являются:

- динамика (движение) подземных вод;
- формирование химического состава подземных вод как процесс физико-химического преобразования подземной воды;
- формирование теплового потока в подземных водах как результат теплообмена и теплопереноса тепловой энергии.

Анализ гидрогеологических процессов требует оптимального сочетания передовых методов познания общепризнанных наук – таких как физика, химия, минералогия и т.д.

Подземные воды, участвующие в общем круговороте воды в природе, составляют определенную часть вод нашей планеты, поэтому для решения задач гидрогеологии необходимо привлекать смежные науки: метеорологию, гидрологию, почвоведение, литологию, вулканологию и др.

Важнейшей стороной исследования гидрогеологических процессов является составление схем природных условий, представляющих выражение этих условий и факторов через параметры теоре-

тической модели, для четкого понимания этих гидрогеологических процессов. В этом одна из основных задач восприятия гидрогеологических процессов на планете.

Гидрогеология изучает историю подземных вод, их формирование, состав, режим, геологическую и геохимическую деятельность.

Роль подземных вод для жизни человека, животных, растений очень велика, поэтому знание ее законов и прогнозы развития исключительно значимы.

ГЛАВА 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ, ГИДРОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ЗЕМЛИ

1.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ

Форма и размер Земли

Земля имеет форму геоида – сплюснутого по оси полюсов шара, на котором есть крупные неровности. Так, Марианская впадина Тихого океана имеет глубину 11 034 м, а пик Джомолунгма в Гималаях – высоту 8848 м.

Параметры Земного шара:

– экваториальный радиус	6378,245 км
– полярный радиус	6356,863 км
– средний радиус	6371,110 км
– поверхность Земли	510 млн км ²
– средняя плотность	5,52 г/см ³
– средняя плотность поверхностных пород	2,7–2,8 г/см ³

Оболочки Земли (рис. 1)

Известно, что Земля состоит из нескольких оболочек: внешняя – газообразная – *атмосфера*. Ее состав: азота – 78 %, кислорода – 21 %, аргона – 0,93 %, углекислоты и других газов – 0,07 %.

Атмосфера находится в постоянном движении, которое зависит от деятельности солнца, наличия океанов и континентов.

На Земле располагается *гидросфера* – прерывистая водная оболочка земного шара представляет комплекс океанов, морей, озер, рек, ледников – занимает около 71 % территории планеты; суша – только 29 %.

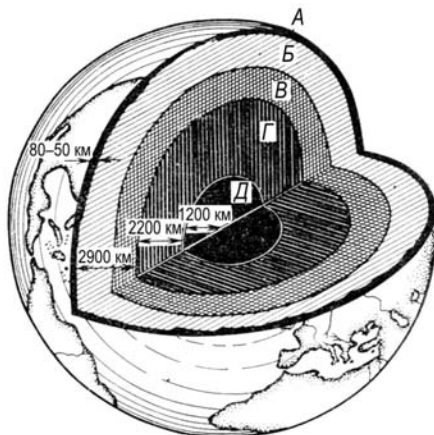


Рис. 1. Строение Земли: А – земная кора; Б – верхняя мантия; В – нижняя мантия; Г – внешнее ядро; Д – внутреннее ядро

Воды нашей планеты – водяные пары, поверхностные воды, подземные воды, связанные и свободные, находятся в тесном единстве с процессами, протекающими в атмосфере и гидросфере.

На Земле имеется еще две оболочки – *биосфера* и *геосфера*. Геосферу изучает геология.

Строение и состав геосфер

В настоящее время в строении Земли рассматривается три геосферы: 1) наружная земляная кора глубиной 50–75 км; 2) промежуточная, или мантия, глубиной до 2000 км; 3) земное ядро, которое делится на внутреннее и внешнее. Граница между ядрами определяется по способности сейсмических волн проходить горные породы и называется по имени открывателя этого явления *поверхность Мохоровича*, или *Мохо* (рис. 2).

На основании способности сейсмических волн изменять скорость прохождения в зависимости от плотности проходимых ими пород выделено три основных слоя (рис. 3):

1) осадочный прерывистый чехол, состоящий из мягких слоистых пород;

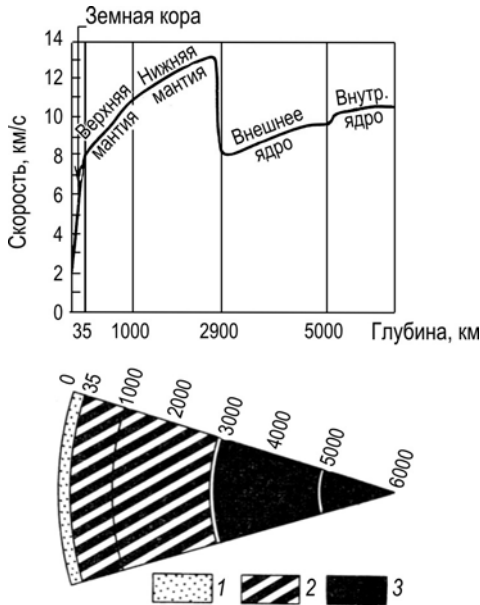


Рис. 2. Оболочки Земли, выделяемые по скорости распространения продольных сейсмических волн:
1 – кора; 2 – мантия; 3 – ядро

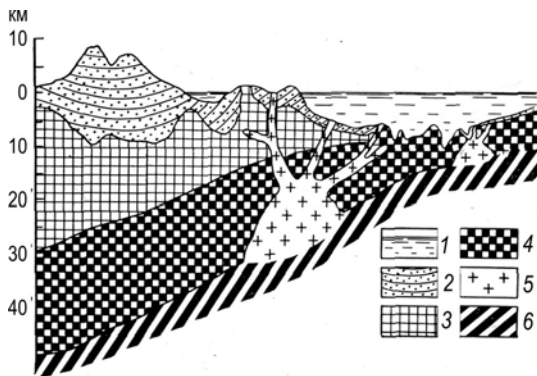


Рис. 3. Строение земной коры: 1 – гидросфера; 2 – осадочный чехол; 3 – гранитный слой; 4 – базальтовый слой; 5 – интрузив; 6 – подкоровое вещество (мантия)

- 2) гранитный прерывистый слой;
- 3) базальтовый слой (еще мало изучен).

Земная кора подразделяется на два вида – материковую (сушу) и океаническую (покрытую водой океанов).

Кора материкового типа состоит из гранитного слоя (глубиной до 30 км), прикрытого в основном осадочным чехлом мощностью до 20 км.

Кора океанического типа состоит только из базальтового слоя, прикрытого тонким слоем донных осадков мощностью до 1 км.

Под материками, на глубинах до 70 км, залегает верхняя мантия, а на глубинах более 2900 км начинается земное ядро, химический состав которого еще не совсем ясен. Предполагается, что ядро имеет внутри твердую часть, а ближе к поверхности – жидкую.

Термический режим земной коры зависит от разных причин, основная – солнечная радиация, затем тепловая энергия планеты, выделяющаяся при радиоактивном распаде, тепло, возникающее при химических реакциях, в том числе при кристаллизации минералов, и, наконец, тепло, выделяющееся при тектонических процессах.

Солнечное тепло проникает в толщу земной коры примерно до глубины 20–25 м и значительно влияет на плодородие почв, жизнь животных и человека, при этом на данных глубинах отмечаются суточные и сезонные колебания температуры.

Слой суши, который обладает плодородием, называют почвой. Почвы могут образовываться достаточно быстро, при стечении благоприятных обстоятельств в течение нескольких лет.

Из известных на Земле 89 химических элементов лишь 9 составляют основную часть земной коры, главными из них являются алюминий и кремний.

Горные породы, из которых состоит земная кора, представляют агрегаты из одного или нескольких минералов. *Минералами* называют природные химические соединения или самородные элементы.

Горные породы содержат полезные ископаемые: нефть, уголь, газ, соли, руды, подземные воды – и чаще всего выступают в роли фундаментов для возведения сооружений.

Представление о происхождении Земли и Солнечной системы

Проблема происхождения Земли, да и в целом Солнечной системы, начала интересовать человечество еще в глубокой древности.

Сначала предполагалось, что земля неподвижна, а Солнце и планеты вращаются вокруг нее, но в середине XVI века польский ученый Коперник доказал обратное. Солнце неподвижно в нашей системе, а все планеты вращаются вокруг него по своим орбитам.

Предполагается, что возраст нашей планеты порядка 7 млрд лет, однако точного определения, строго научного подхода к вероятным путям образования Земли и Солнечной системы пока еще нет.

1.1.1. Краткие сведения о минералогии

Минералогия – раздел геологии, изучающий происхождение, состав и свойства минералов. Минералы могут быть твердые – лед, кварц; жидкие – вода, ртуть; газообразные – углекислота. В подавляющем большинстве минералы находятся в твердом состоянии, но могут быть в аморфном и коллоидном виде.

Кристаллические минералы. Как правило, кристаллические минералы – твердые тела, а их кристаллы имеют форму различной многогранности – кубов (галит), призм и дипирамид (горный хрусталь) – и характеризуются симметричностью граней.

Одной особенностью кристаллических минералов является свойство кристаллов быть неравнопрочными в разных направлениях, что очень важно для гидрогеологии и инженерной геологии.

Аморфные минералы. Эти минералы не имеют кристаллического строения, ионы и атомы минералов беспорядочно располагаются в пространстве и имеют прочностные свойства, равные во всех направлениях.

Коллоидные минералы. Эти минералы состоят из мельчайших частиц и обладают большой поверхностной энергией – способностью адсорбировать на своей поверхности молекулы воды, катионы или анионы.

Основные свойства минералов. Форма минералов, встречающихся в природе, очень разнообразна. Для одиночных кристаллов характерны дипирамиды, кубы, ромбоэдры. Кристаллы, сросшиеся основаниями, – друзы, они образуют щетки кристаллов.

Кристаллы имеют различные цветовые особенности и различаются по цвету, например сера – желтый цвет, пирит – соломенно-желтый, глоуконит – зеленый и т.д. Они имеют различную способность пропускать свет, обладают прозрачностью и способностью отражать свет, падающий на их поверхность.

Кристаллы способны раскалываться по направлениям, не соответствующим плоскостям спайности (излом), и противодействовать внешнему механическому воздействию (твердость); также они имеют разную плотность.

К особенностям кристаллов относится их способность растворяться в воде, соляной кислоте и иметь определенный вкус.

Классификация минералов. Шкала твердости минералов:

1. Мягкие (мягче ногтя) – гипс, тальк.
2. Средней твердости (мягче стального ножа) – кальцит, флюорит; (равные по твердости стеклу) – апатит.
3. Твердые (тверже стального ножа или стекла) – ортоклаз, кварц.
4. Очень твердые (режет стекло) – топаз, корунд, алмаз.

1.1.2. Краткие сведения о петрографии

Петрографией принято называть науку, изучающую минеральный состав горных пород как скопление минералов, которые образуют самостоятельные геологические тела. В задачу петрографии входит изучение состава пород, их строения, условий залегания, распространения и происхождения.

По условиям образования все горные породы делятся на три группы: магматические, осадочные, метаморфические.

Магматические, или изверженные, породы (рис. 4) образовались при застывании магмы на поверхности или в недрах земли. Среди них имеются полиминеральные, например гранит, и мономинеральные – лабрадорит.

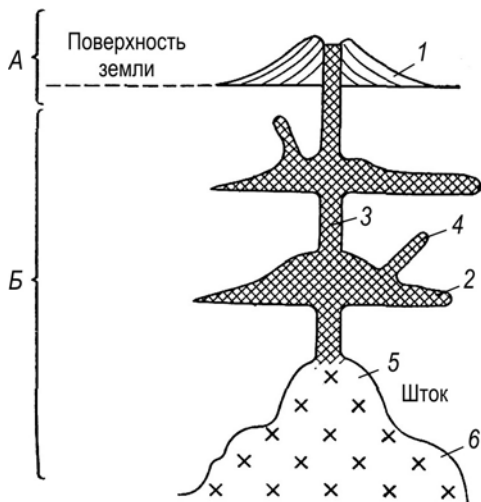


Рис. 4. Формы залегания глубинных и излившихся пород:
 А – излившиеся породы (базальты, липариты); Б – глубинные породы (граниты, габбро); 1 – вулканический конус (лавы, туфы, обломки); 2 – лакколит; 3 – жилы; 4 – дайки; 5 – шток; 6 – батолит

Магматические процессы происходят на глубине и протекают при высоких температуре и давлении вследствие расплавления пород радиоактивного распада в обособленных очагах на различных глубинах. Так возникает магма, состоящая из сложного силикатного состава и содержащая газы, пары воды, горячие водные растворы.

Если магма прорвется на поверхность, она преобразуется в лаву с температурой от 700 до 1200 °С. Поверхностный магматический излив магмы и вулканизм – единственная возможность изучения твердения лавы и выделения из нее минералов.

Жидкий расплав магмы на глубине в магматической камере обладает способностью при охлаждении расщепляться на части различного химического состава или дифференцироваться.

При этом может происходить внедрение магмы в окружающие горные породы с их растворением, одновременно происходит поглощение воды. Процесс носит название *ассимиляции*.

При остывании магмы происходит ее затверждение. Выделяют четыре этапа прохождения цикла остывания:

1. Стадия охлаждения на значительной глубине при температуре 1100–1200 °С – собственно магматическая.

2. Стадия пневмолитовая, или пегматитовая, когда летучие элементы выделяются из магмы.

3. Стадия гидротермальная – затверждение прогрессирует с выделением горячего водного раствора.

4. Стадия вулканическая – когда магма температурой 700–800 °С, растеряв газы и воду, выплескивается на поверхность, где происходит ее быстрое охлаждение.

Излившиеся породы в виде лав образуют покровы, купола, потоки. При излиянии базальтовых лав покровы могут образовывать громадные территории в несколько тысяч квадратных километров.

Осадочные породы – любые породы, выпавшие в осадок на суше или на дне океанов, морей (рис. 5).

Образование осадочных пород происходит по одной схеме: разрушение породы – перенос разрушенной породы на определенное расстояние – отложение перенесенной породы – и, наконец, образование, или *диагенез*, новой осадочной породы.

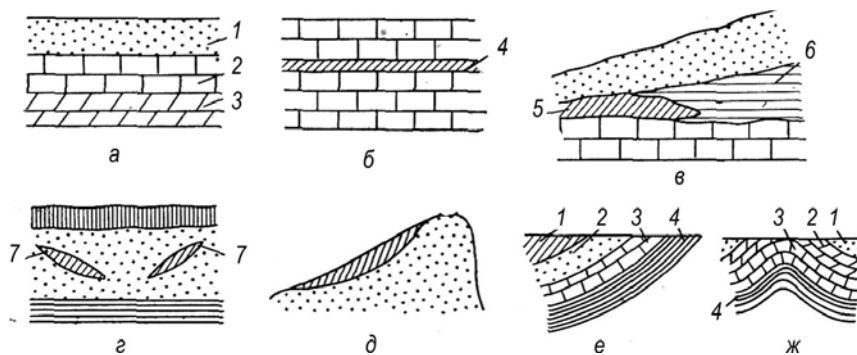


Рис. 5. Формы залегания осадочных пород: а, б – горизонтальное залегание; в – выклинивание пластов; з, д – линзовидное залегание; е – моноклинальное; ж – складчатое, волнистое залегание; 1, 2, 3 – пласты; 4 – прослойка в пласте; 5, 6 – выклинивающиеся пласты; 7 – линзы

Определяют три вида осадочных пород:

1. Механического происхождения – когда существующая порода разрушается, затем переносится на новую территорию и преобразуется (диагенез). К этим породам возможно отнести пески, в них находятся россыпи алмазов, платины.

2. Химического образования – при растворении в воде и выпадении в осадок, при химическом выветривании – разложении на суше. В них встречаются бокситы, вивианит, доломиты, известняки и т.д.

3. Биогенного, или биохимического, образования – от деятельности животных и растительных организмов. В них находят нефть, уголь, торф, горючие сланцы и др.

Основные свойства осадочных пород зависят от многих факторов их образования: климатических условий, содержания остатков растительных и животных организмов, залегания пластами или слоистости, рыхлости – сыпучести, что делает их подвижными. В осадочных породах встречаются останки: окаменелости, отпечатки различных животных, скелеты, раковины, отпечатки листьев, по которым возможно определять относительный геологический возраст отложений.

На базе данных изучения ископаемых останков основано подразделение истории нашей планеты на геологические периоды и эры.

Классификация осадочных пород:

1) *механические*, или *обломочные*:

– рыхлые породы (пески, алевриты – разных размеров зерен и химического состава) морского или континентального происхождения трех подвидов – аллювиальные, ледниковые, делювиальные. Пески широко распространены, выступают почвообразующими породами;

– цементированные породы (песчаники, алевролиты – с плотной структурой, а при наличии глинистых частиц – супесь, суглинки (рис. 6));

2) *глинистые породы*, или *пелиты*, широко распространены в природе, залегают пластами или линзами среди песков, известняков, мергелей. Являются водоупорами и могут разделять водоносные

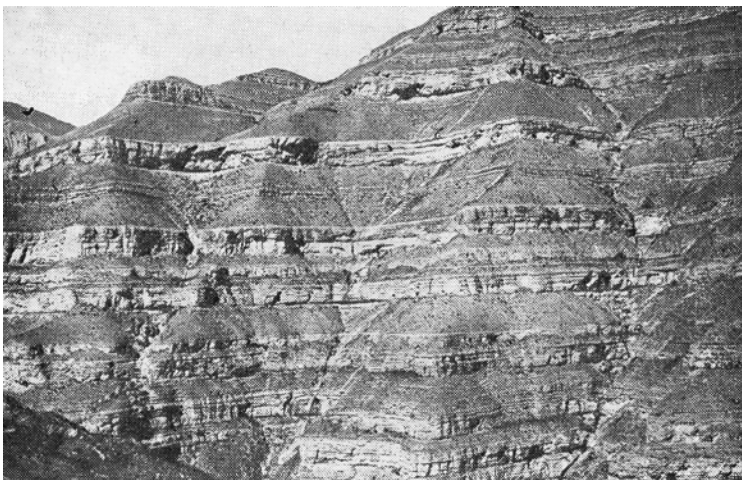


Рис. 6. Переслаивание плотных песчаников и глинистых сланцев

горизонты. В сухом состоянии глины твердые, прочные, при соединении с водой набухают и приобретают пластичную, жирную на ощупь массу. Цементированные глинистые породы – *аргиллиты* – не размокают в воде;

3) *хемогенные, биогенные, биохимические породы* образуются при выпадении солей из водных растворов или при химических реакциях – мел, гипс, каменные и калийные соли, торф, уголь, сапропель, фосфориты, бокситы.

Метаморфические породы. К ним относятся видоизмененные, перекристаллизовавшиеся под действием высокой температуры, давления и особых физико-химических условий магматические и осадочные породы.

Метаморфизм – сложный процесс, происходящий в глубинах планеты при температуре до 800 °С и давлении до 1500 кг/см².

Различают следующие виды метаморфизма:

– региональный – протекает на больших глубинах, при одностороннем давлении получают слюды;

– гидротермальный, или околожильный, – протекает на больших глубинах и занимает громадные территории, где горные породы

под воздействием газов и водных растворов подвергаются глубоким изменениям, происходит процесс замещения и жиллообразования;

– контактный – происходит на границе контактов двух пород – обычно магматической и осадочной – при температуре около 1000 °С; образуются новые породы и минералы – типа магнетита.

1.1.3. Краткие сведения о динамической геологии

Все геологические процессы, происходящие в недрах нашей планеты, можно разделить на две группы:

1. *Эндогенные* – вызванные внутренней энергией Земли: магматической, вулканической, метаморфической, движениями земной коры, землетрясениями, горообразованием.

2. *Экзогенные* – вызванные внешними силами: деятельностью воды – атмосферной, подземной и поверхностной, в том числе льда, влиянием ветра и организмов. Безусловно, в преобразовании природной среды большое значение имеет деятельность человека, которая охватывает нижние части атмосферы, литосферу и гидросферу.

Процессы, которые создают новые горные породы, особый рельеф и ландшафт, называют *техногенезом*.

Эндогенные процессы

Вулканизм – природный процесс, связанный с выбросом на поверхность лав, газов, растворов; излиянием по трещинам и каналам расплавленных масс. Глубина возникновения этих очагов различна и зависит от структуры пород в данном районе планеты.

Вулканы – геологические образования в виде конусообразных гор, которые возникли на месте выхода на поверхность магмы и ее последующего затвердения.

Выводной канал, по которому магма выходит на поверхность, называется *кратером*.

Вулканы подразделяются на действующие (около 600) и недействующие – порядка 2000 единиц. Из действующих – 60 подводных.

Наибольшее количество вулканов расположено на тех участках земной коры, где происходят ее подвижки: Тихоокеанское огненное кольцо – вокруг Тихого океана; Индо-Европейская зона – вокруг Средиземного моря и островов Юго-Восточной Азии; Атлантическая полоса и вулканы Центральной Африки – в зоне древнейших разломов.

При извержении вулкана усматривают три фазы его работы: первая – землетрясение и начало выбросов газов из кратера; вторая – излияние лавы; третья (вулканическая) – выделение газов и паров воды.

Выбросы из вулканов бывают газообразные, твердые и расплавленные (жидкие).

Наблюдается пять типов извержения вулканов:

1) гавайский тип – лава жидкая, без выделения газов, пепла, вулканических бомб;

2) стромболианский тип – лава жидкая, но есть газы и частые взрывы;

3) тип Вулькано – лава вязкая, тягучая, быстро остывает, при извержении много взрывов;

4) пелейский тип – лава очень вязкая, застывает очень быстро и часто закупоривает ствол;

5) тип Каратау – характер взрывной, много пепла, жидкой грязи и кусков пемзы.

Вулканы образуются и в настоящее время.

Движение земной коры и горообразование. Раздел геологии, изучающий движение, деформации земной коры, называется *геотектоникой*, а перемещение веществ под действием внутренних сил и силы тяжести, за которым следует изменение формы залегания горных пород, называется *тектоническим движением*.

В природе наблюдается два вида тектонических движений: горообразовательные, когда на рельефе планеты образуются новые складки гор, зачастую с разрывами сплошных пород, и колебательные, или эпейрогенические, не образующие вертикального изменения рельефа, но при них может возникнуть определенная деформация земной коры.

Тектонические движения вызываются вращением планеты, воздействием силы тяжести, возникновением тепловой зоны, образованной при радиоактивном распаде, и воздействием сил растяжения и сжатия горных пород.

В основном наблюдается два вида тектонических движений: вертикального направления – вверх или вниз, которые приводят к растягиванию слоев горных пород и образованию значительных трещин в земной коре, и боковые, или тангенциальные, направленные практически горизонтально, они образуют горные складки и надвиги. Но в обоих случаях имеется внедрение магмы в слои горных пород или излияние лав на поверхность.

При горообразовательных движениях происходит резкое изменение залегания горных пород, что приводит к их смятию, изгибу и, как правило, к образованию горных систем, хребтов. Интенсивность и размеры складчатых образований горных пород зависят от их податливости силам, участвующим в тектоническом движении, при этом величина складок может быть самая разнообразная. Могут быть прямые, косые, наклонные, лежащие, опрокинутые складки. Характерно, что складки, имеющие выпуклости вверх и форму дуги или вала, называют *антиклинальными* (к ним приурочены месторождения газов, нефти); складки, имеющие выпуклости вниз, называются *синклинальными* (в них имеются артезианские бассейны).

Величина перемещения горных пород относительно друг друга называется амплитудой нарушения и может измеряться метрами и даже километрами от первоначального положения.

При колебательных движениях земной коры происходит медленное вертикальное движение горных пород. Выделяют три вида колебательных движений:

- 1) прошедших геологических периодов;
- 2) новейших геологических периодов, длительностью до 25 млн лет, произошедших в неоген-четвертичное время;
- 3) современные (неотектоника), происходящие за последние 6–7 тыс. лет; измеряется от 2 до 10 мм в год на разных участках земного шара. Районы Москвы, Санкт-Петербурга, Стокгольма,

Украинского кристаллического щита поднимаются, а Предкавказье, побережье Нидерландов опускаются.

Колебательные движения прошлых геологических периодов дали толчок к образованию мощных толщ осадочных пород, в которых формировались залежи нефти, солей, угля и других полезных ископаемых.

Очень важно учитывать современные колебательные движения при строительстве гидротехнических сооружений, так как подъем суши приводит к усилению ее эрозии, а опускание – к накоплению осадочных пород и заболачиванию территории.

Землетрясения, или сейсмические движения, могут быть вызваны разными причинами – естественными (тектоническими, вулканическими, денудационными) и искусственными (взрывами, в том числе атомными). На суше землетрясения вызывают движение земной коры, а на дне океанов, морей (моретрясение) – образование высочайших волн – *цунами*, высота которых может достигнуть нескольких десятков метров. Обрушиваясь на сушу, цунами производят значительные разрушения.

Тектонические землетрясения, вызываемые тектоническими процессами, наиболее разрушительны.

Вулканические землетрясения часто связаны со сжатием газов в жерлах вулканов и приурочены к районам, где имеются действующие или «дремлющие», активизирующиеся времени от времени, вулканы.

Денудационные землетрясения – локальные по территории, вызываемые обвалами кровли над пустотами горных пород, возникающими в результате растворения или вымывания их подземными водами.

Области и районы территории, где часто наблюдаются землетрясения, называют *сейсмическими*, или *сейсмически опасными*. Территории, где землетрясения редкое явление (равнины на платформах), называют *асейсмическими*.

Сила землетрясений измеряется в баллах. В России принята 12-балльная система:

- 1–4 балла – регистрируются приборами;
- 5 баллов – качание люстр, дребезжание стекол, скрип полов;
- 6 баллов – легкое повреждение зданий;
- 7 баллов – значительное повреждение зданий;
- 8 баллов – некоторые здания обрушаются, падают стены, перекрытия, кровли;
- 9 баллов – разрушаются здания, падают дымовые трубы и карнизы, появляются значительные трещины в капитальных стенах;
- 10 баллов – обвалы зданий, трещины в грунтах шириной до 1 м;
- 11–12 баллов – значительное изменение рельефа, обвалы в горах, многочисленные трещины на поверхности Земли, повсеместное разрушение зданий и сооружений.

Участок, где в земной коре накапливается сейсмическая энергия и происходит разрыв пород, вызывающий землетрясение, называют очагом, или гипоцентром, а проекцию гипоцентра на поверхность Земли – эпицентром. Очаги землетрясений располагаются на глубинах от 0 до 350 км вглубь Земли, обычно в пределах до 50 км.

Для устойчивости зданий и сооружений при землетрясениях в сейсмически неблагоприятных районах предполагается обязательное проведение мероприятий, сохраняющих здания, сооружения от разрушения.

Экзогенные процессы

Выветривание. Под этим процессом понимается воздействие воздушных масс с участием водных составляющих на породы, находящиеся в соприкосновении с атмосферой и под их воздействием теряющие свои формы и изменяющие свои структуры.

Главными агентами выветривания выступают колебания температуры, вода с растворимыми в ней элементами, кислород и углекислота воздуха, животные и растительные организмы, деятельность человека.

При *физическом выветривании* происходит дробление и измельчение пород практически без изменения их химического состава.

ва. В этом процессе особую роль играет вода, которая при понижении температуры окружающей среды замерзает, ее объем увеличивается и разрывает прочностные связи породы. Породы начинают трескаться и шелушиться, образуют своеобразные «каменные моря». Особенно ярко выражены симптомы выветривания в пустынях и полупустынях, где суточные колебания температуры достигают 70 °С, в связи с чем горные породы, состоящие из разных минералов и имеющие выход на дневную поверхность в пустынях и полупустынях, нагреваются неравномерно, теряют прочностные характеристики и образуют скопления обломочного материала.

При *химическом выветривании* происходят химические реакции, при которых исходные материалы пород – минералы – растворяются, разрушаются, после чего идет вынос подвижных оснований, при этом породы типа габбро разлагаются быстрее, чем граниты.

Биогенные выветривания осуществляются в основном микроорганизмами и животными-землероями, при этом происходит сложный процесс физико-химического разложения породы.

Продукты выветривания горных пород, оставшиеся на месте образования, называются *элювием*, или элювиальными породами.

Характер и мощность элювиальных пород различные, многие из них разрабатываются для извлечения из них тяжелых металлов – золота, платины. Элювий считается слабым грунтом для возведения на нем сооружений.

Деятельность воздушных масс (ветра) считается одним из важных факторов выдувания, разноса и шлифовки горных пород, переноса их на определенное расстояние, а затем накопления наносов и создания разнообразных форм рельефа, что характерно для пустынных и полупустынных территорий.

В результате деятельности ветра образуются *эоловые накопления*, к ним относятся песчаные барханы и дюны.

Эоловые пески образуются из осадков атмосферной пыли и могут иметь в условиях сухого климата слои мощностью в несколько десятков метров, но большей частью эти пески образуются перемещением воздушным путем морских и речных песков и лишь частично разносом элементов выветривания горных пород.

Барханы, дюны – произведения песчаных поверхностных залежей.

Бархан представляет собой подвижный холм в виде дуги с острым гребнем на вершине, наветренный (со стороны ветра) склон – пологий, длинный, с подветренной стороны – крутой (до 36°), высотой до 26 м. Скорость передвижения от нескольких метров до сотен метров в год.

Дюны бывают приморские, приозерные, речные. Механизм образования сходен с барханами, но дюны могут быть вытянуты на многие сотни метров вдоль уреза воды и иметь в разрезе вид овала. Дюны часто бывают покрыты растительностью.

Деятельность текущих поверхностных вод бывает двух видов: это деятельность дождевых, ливневых вод и деятельность текущих русловых вод.

Поверхностные воды разрушают горные породы, транспортируют их на определенные расстояния, а затем откладывают (аккумулируют) на определенных участках территории.

Размыв текущими поверхностными водами почв и пород называют *эрозией*, она имеет два направления:

1) эрозия плоскостная, медленная, при которой происходит смывание пород в течение длительного времени;

2) эрозия линейная, которая присуща мощным ливневым потокам и имеет возможности в кратчайшие сроки образовать глубокие овраги протяженностью в несколько километров.

Эрозии приносят огромный ущерб государству, так как уничтожаются полезные площади, пригодные для освоения и использования человечеством.

Процесс смыва с поверхности текущими водами с водоразделов продуктов выветривания и отложение их на пологих склонах получил название *делювиального процесса*, а образующийся при этом слой рыхлых отложений назван *делювием* (рис. 7).

В горных районах, в ущельях часто возникают значительные потоки поверхностных вод, которые несут значительное количество крупно- и мелкообломочного материала горных пород, такие грязе-

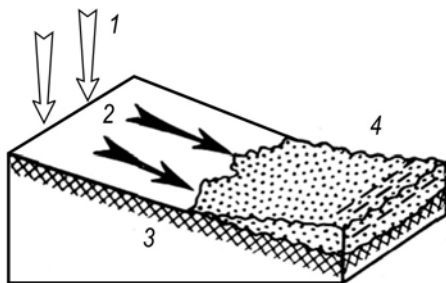


Рис. 7. Плоскостной смыв и образование дельювия:
 1 – атмосферные осадки; 2 – безусловный плоскостной смыв; 3 – коренные породы; 4 – дельювий

каменные потоки называют *селями*, они приносят значительный урон деятельности человека.

Деятельность русловых потоков – сложный процесс, обусловленный вращением Земли, ее колебательными движениями, климатом, рельефом местности протекания; механическая работа русел состоит из размыва русел (дна и берегов), шлифовки и обтачивания переносимого материала. Транспортировка на значительные расстояния обломков пород и растворенных солей осуществляется тремя способами: перекачиванием, переносом во взвешенном состоянии в виде мути и переносом водой в виде раствора. Размыв горных рек во многом превышает размыв равнинных, спокойно текущих рек.

Перенесенный речными потоками материал откладывается на обширных территориях, этот материал носит название *аллювий*, для него характерно залегание в речных долинах с ярко выраженной косой слоистостью. Различается современный аллювий и древний. Среди аллювия равнинных рек выделяются отложения русла, стариц (старое русло реки) и поймы. Пойма – плоская часть речной долины, затопляемая только в половодье и, как правило, покрытая растительностью – кустами и деревьями.

Коренной берег – часть водораздела, прилегающего к речной долине и четко возвышающегося над ней. Речные отложения в формировании коренного берега участия не принимают.

Речные долины имеют сложное строение и состоят из ряда надпойменных террас, располагающихся ярусами (рис. 8, 9).

Наносы, выносимые рекой в океан или море, образуют на территории выноса отмель, называемую *дельтой*.

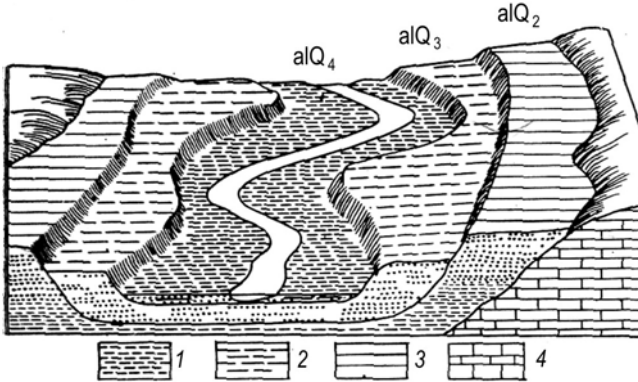


Рис. 8. Схема строения речной долины:
 1 – современный аллювий (alQ₄); 2 – древний аллювий (alQ₃) – надпойменная терраса; 3 – древний аллювий (alQ₂);
 4 – коренной берег

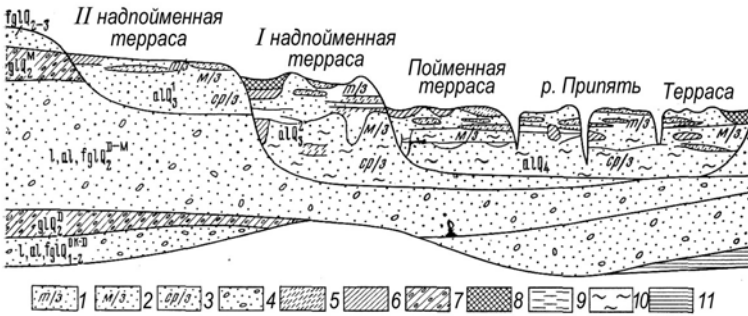


Рис. 9. Схема соотношений типов аллювиальных отложений р. Припяти: 1 – песок тонкозернистый; 2 – песок мелкозернистый; 3 – песок среднезернистый; 4 – песок с гравием и галькой; 5 – супесь; 6 – суглинок; 7 – суглинок моренный; 8 – торф; 9 – гумусированность; 10 – заиление; 11 – глина

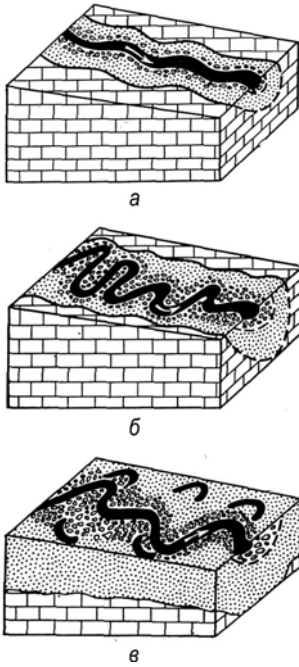


Рис. 10. Схема последовательности развития речных долин:
а – молодость; *б* – зрелость;
в – старость

4,5 км (Арктика – 2,1 млн км², страны умеренного пояса – 121 тыс. км², а тропические страны – 100 км²).

Ледовые образования бывают следующих видов: подземный (вечная мерзлота), речной, озерный, морской лед имеет столбчатую структуру; материковый лед имеет зернистую, часто слоистую структуру.

Обычно ледником называют натуральное, естественное наличие многолетнего льда, который накапливается в определенных местах, чаще всего в горных условиях, приобретает определенную форму, копирующую рельеф, и медленно движется под силой тяжести вниз, при этом, имея пластические свойства, он не разрушается,

Очень часто отдельные участки рек имеют неодинаковое происхождение и возраст. Так, р. Волга от устья р. Камы до г. Саратова имеет возраст более миллиона лет, а от Саратова до Астрахани – менее 10 тыс. лет (рис. 10).

У рек северного полушария, текущих на равнинах с севера на юг, правый берег обрывистый и крутой, а левый – пологий и низменный. Это объясняется вращением планеты и инерцией водных масс.

Деятельность льда и ледников, которые распределяются по южному и северному полушарию Земли, неравномерна. Максимальное количество льда сосредоточено в Антарктиде. Льды покрывают территорию порядка 13,2 млн км², их мощность более

а вписывается в свое ложе. Лед начинает двигаться при условии, что вес ледника превышает силу трения, а образующаяся от трения водная прослойка выполняет функцию смазки. Обычно движение ледника начинается, когда его толщина достигает 15–20 м. Образуется лед от преобразования снежного покрова, когда рыхлый снег под воздействием солнца и испарения превращается в фирн (уплотненный снег), затем переходящий в лед. Скорость растекания (стекания или движения) ледника от 3 до 10–40 м/сут. Двигаясь по склону, ледник выполняет громадную работу, оставляет борозды и промоины, которые тянутся параллельно его движению.

Материковый лед распространен в Антарктиде, Гренландии. Древнейшие ледники оставили свои следы в Финляндии, Карелии, на территории Русской долины, в том числе и в Подмосковье.

Деятельность морей (океанов) и озер практически не различается по структурным принципам, разнятся только масштабы воспроизводства.

Вода морей и озер выполняет большую разрушительную и созидательную работу. Прибрежные волны, течение, приливы и отливы разрушают и преобразуют берега водоемов, аккумулируют на дне толщи осадочных пород. Разнообразный животный и растительный мир также участвует в преобразовании водоемов.

1.1.4. Краткие сведения из исторической геологии. Геологические карты

Одна из задач исторической геологии – восстановление последовательного хода развития земной коры и жизни на ней от древнейших веков до настоящего времени.

Главная цель исторической геологии – выяснение причин образования различных горных пород, определение их возраста. Материалом для решения этих задач служат:

1) горные породы и условия их взаиморасположения по глубинам и площадям;

2) ископаемые окаменелости животных и растительных организмов;

3) геологические процессы, протекающие на поверхности планеты и в ее глубинах.

Открытый в конце позапрошлого века метод радиоактивного определения возраста горных пород позволил более точно определять их возраст в различных частях земного шара. Так, возраст Южной Африки составляет около 4 млрд лет, Кольского полуострова, Антарктиды – 3,5 млрд лет. Считается, что возраст Земли – примерно 4,5 млрд лет с допускаемой неточностью порядка $\pm 0,05$ млрд лет.

Радиоуглеродным методом (изотоп углерода) определены возраст пород и датировка важных событий в жизни планеты: так, гибель мамонтов на полуострове Таймыр и уход ледника с территории Ленинградской области произошли около 12 тыс. лет, а с территории Риги – 13 тыс. лет назад.

На основании определенного возраста пород геологическую историю делят на пять крупнейших этапов, названных *эрами*, которые, в свою очередь, подразделяются на периоды, эпохи и века.

Геохронологическая шкала с основными этапами истории развития земной коры и органического мира и данными об абсолютном возрасте планеты является наглядным пособием в понимании эволюции нашей планеты (табл. 1).

Геологические карты

Геологическими картами называют графические изображения на горизонтальной плоскости выходящих на поверхность геологических образований верхней части земной коры.

Геологическим профилем, или *разрезом*, называют чертеж, отображающей геологическое строение в вертикальной плоскости рассматриваемой территории.

Карты, на которых показан возраст пород, называют *стратиграфическими*, на них условными знаками, красками, индексами

Таблица 1

Геохронологическая шкала и некоторые сведения
из исторической геологии

№ п/п	Эра	Период	Длительность, млн лет	Главнейшие этапы развития	Геологические события на территории России
1	Архей Протерозой – ранний – средний – поздний		1400	Зарождение жизни на земле.	Складчатость, вулканизм, образование горных хребтов в Карелии, Забайкалье, на Кольском полуострове
			700	Появление бактерий, одноклеточных животных.	
			300	Появление беспозвоночных одноклеточных и многоклеточных животных	
			1000		
2	Палеозой	Кембрий Ордовик Силур Девон Карбон Пермь	70	Расцвет беспозвоночных.	Вулканизм, море покрывает Сибирь. Море покрывает всю территорию России. Образование углей в Подмосковье. Образование Уральских гор
			60	Развитие иглокожих, моллюсков, брюхоногих, плеченогих.	
			30	Развитие папоротниковых; появление всех видов рыб, первых лесов.	
			70	Расцвет споровых растений.	
			55	Развитие пресмыкающихся	
3	Мезозой	Триас Юра Мел	45	Появление черепах.	Значительная часть России – суша. Складчатость, вулканизм. Затопление морем части России
			58	Появление первых птиц. Развитие летающих ящеров. Распространение голосеменных растений.	
			70	Появление цветковых растений	
4	Кайнозой	Палеоген Неоген Четвертичный	41	Распространение цветковых растений, деревьев, трав.	Море периодически затопляет Поволжье. Образование гор на Кавказе. Оледенение, поднятие Кавказа, Урала. Формирование современного ландшафта
			25	Появление человекообразных обезьян.	
			1,5–2	Появление и развитие человека. Расцвет млекопитающих, птиц, рыб, насекомых.	

принято обозначать породы и отложения. Указанные обозначения на картах обязательны для всех геологов, работающих с подобными документами.

Геологические карты имеют очень сложный рисунок, и для их чтения необходим определенный опыт и знание единых символов и значений, принятых в международном сообществе. Подавляющее большинство геологических карт являются картами дочетвертичных коренных отложений, с указанием распространения именно пород этих отложений. На некоторых картах, там, где мощность четвертичных отложений очень значительна и неизвестно, какие породы и какого возраста залегают под ними, показывают четвертичные отложения.

Для складчатых зон обычно составляются только карты дочетвертичных (коренных) пород, поскольку мощность рыхлых пород в этих зонах невелика, граница выхода пород на дневную поверхность очень сложна, так как отражает взаимосвязь осадочных и магматических пород.

Разновидность геологических карт – литолого-петрографические карты на стратиграфической основе, на которых изображается вещественный состав пород рассматриваемого района.

Условия залегания пород зависят от сочетания действия эндогенных и экзогенных сил, и только тщательный анализ условий залегания пород может прояснить эволюцию процессов тектоники или денудации, которые имели приоритет в этом районе.

Геологические карты являются важнейшим документом для поисков и разведки полезных ископаемых, инженерно-геологических исследований и выявления оптимальных условий строительства сооружений.

В процессе создания геологических карт выполняются следующие этапы работ:

- подготовительный этап, изучение архивных материалов;
- полевые работы, изучение местности, буровые и специальные работы;
- лабораторные работы, обработка взятых при полевых работах образцов пород;

– камеральные работы, обработка документов полевых, лабораторных работ и составление геологических карт.

На структурных (тектонических) картах показывают:

складчатые системы – на них подвижность пород значительная, мощность 15–25 км;

платформы – спокойные стабильные участки, состоящие из двух ярусов: основание – складчатый фундамент и осадочный чехол;

щиты – древние части платформ с выходом на поверхность древнейших магматических и метаморфических пород;

океанические впадины – еще недостаточно изучены.

На тектонических картах России выделяют следующие структурные элементы:

1. Древнейшие платформы с допалеозойским складчатым фундаментом (Русская и Сибирская платформы).

2. Платформы с палеозойским складчатым основанием (Западно-Сибирская платформа).

3. Складчатые зоны – низкогорья и денудационные равнины (Урал, горы Южной Сибири, горы и равнины Дальнего Востока, горы и равнины Северо-Востока, горные сооружения Тихоокеанской складчатой зоны).

В настоящее время геологи принимают за основу геологического, гидрогеологического, инженерно-геологического, геоморфологического районирования древнейшие, новейшие и современные движения земной коры нашей планеты.

1.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОЛОГИИ

Гидрология, как и геология, интересует человечество с древнейших времен, но термин «*гидрология*» появился впервые только в 1694 году, а в самостоятельную науку гидрология оформилась лишь в 20–30-е годы прошлого века.

1.2.1. Краткие сведения из истории гидрологии Земли

В древности человек, проживая на берегах рек и озер, морей и океанов, вынужден был следить за режимами водных объектов и вести наблюдения, фиксируя все особенности поведения воды в разные времена года.

Древние египтяне, жившие по берегам Нила, вынуждены были наблюдать на специальных постах за режимом и уровнем воды в реке, так как от наличия воды зависела их жизнь. Это были первые гидрометрические посты, зафиксированные историей.

Особое внимание уделяли изучению гидрологии древнегреческие ученые Гераклит, Геродот, Платон, Аристотель, они задумывались о происхождении рек, источников, родников.

Благодаря знаниям гидрологии древнеримские специалисты построили знаменитые римские акведуки (водопроводы Рима), части которых существуют и в настоящее время.

В период эпохи Возрождения знаменитый Леонардо да Винчи впервые провел наблюдения за динамикой водного потока, и это можно считать началом формирования речной гидравлики.

Значительная роль в развитии гидрологических знаний принадлежит французским ученым XVIII–XIX веков, которые внесли многие положения в различные разделы гидрологии.

На Руси первые гидрологические наблюдения о состоянии рек относятся к XV–XVI векам, о чем свидетельствуют записи русских летописцев.

В XVII веке на Руси по указу Петра I было начато наблюдение за уровнем воды в р. Оке, Волге, Доне для целей судоходства, с 1715 года было организовано наблюдение за колебанием воды в р. Неве у Петропавловской крепости.

Особенно широкое развитие гидрологии как науки началось в двадцатые годы прошлого века. Гидрологические изыскания и исследования начались во многих регионах России. Они были направлены на изучение водных ресурсов и их комплексное использова-

ние для нужд хозяйства страны, не только для судоходства, но и для гидроэнергетики, орошения, водопользования.

В настоящее время гидрология – признанная научная дисциплина, изучающая гидросферу и водные ресурсы нашей планеты, обеспечивающая развитие промышленности и водопотребления населения Земли.

1.2.2. Физические и химические свойства воды

Молекула воды не симметрична: атом кислорода и два атома водорода, расположенные в виде равнобедренного треугольника, при этом в вершине расположен атом кислорода, а в основании, внизу, два атома водорода.

Атом кислорода в молекуле воды присоединяет к себе два атома водорода и приобретает тем самым отрицательный заряд, а молекула воды образует *электрический диполь*.

Каждая молекула воды, обладающая двумя положительными и двумя отрицательными зарядами, способна образовать четыре *водородные связи*, т.е. соединения положительно заряженного ядра водорода (протона), химически связанного в одной молекуле, с отрицательно заряженным атомом кислорода в другой молекуле.

Водород и кислород имеют несколько природных изотопов – *обычный водород* (обычная вода), *тяжелый водород*, или дейтерий (тяжелая вода), *сверхтяжелый водород*, или тритий (сверхтяжелая вода – ее на Земле не более 12–20 кг).

Вода – *слабый электролит*, но, несмотря на кажущуюся простоту, молекулярная структура воды очень сложна, изменчива и еще не изучена в достаточной степени.

Благодаря особенностям молекулярного строения вода хорошо растворяет химические вещества. Суммарное содержание в воде растворенных неорганических веществ (концентрация солей) выражается в виде *минерализации M* (мг/л, г/л) либо в относительных единицах (%). Содержание растворенных в воде веществ называют *соленостью воды* (г/кг или промилле).

По содержанию солей природные воды делятся на четыре группы: *пресные* – менее 1 ‰, *солончатые* – 1–25 ‰, *соленые (морской солености)* – 25–50 ‰, *высокосоленые (рассолы)*.

Особенности химических и части физических свойств воды объединяют под названием «качество воды», определяя ее пригодность для конкретного водопользования.

В природе вода находится в трех видах – твердом (лед), жидком (вода), газообразном (водяной пар).

При этом Земля, видимо, единственная планета Солнечной системы, на которой вода находится в жидком состоянии.

Плотность воды зависит от температуры, давления и скачкообразно изменяется при фазовых переходах. Международной единицей считается 1 см³ чистой воды, который равен 1 г.

Плотность льда зависит от его структуры и температуры: лед при –20 °С имеет плотность 920 кг/м³, плотность свежевыпавшего снега 80–140 кг/м³, плотность слежавшегося снега в начале таяния 240–350 кг/м³, а в конце таяния – 300–450 кг/м³, мокрый плотный снег имеет плотность до 700 кг/м³.

Плотность воды зависит от содержания в ней растворимых веществ (до 33 кг/м³ – морская вода).

К важным особенностям воды относятся ее изменения при так называемых фазовых переходах – плавление, испарение, кипение, возгонка. Они требуют затрат определенного количества тепла, при обратных переходах, наоборот, происходит выделение тепловой энергии.

Вязкость воды невелика, если сравнивать с вязкостью других жидкостей, что также можно отнести к ее особенностям. При повышении температуры вязкость воды уменьшается, благодаря малой вязкости вода очень текуча, и даже незначительные по величине внешние силы приводят ее в движение.

У воды, по сравнению с другими жидкостями, имеется очень высокое поверхностное натяжение, что способствует размыву почв и грунтов. Так, дождевые капли благодаря поверхностному натяжению обладают большой кинетической энергией и разрушительной силой.

Вода обладает исключительными оптическими свойствами: отражает часть светового потока от поверхности на границе вода – воздух, преломляет потоки света, а в толще водной среды рассеивает, поглощает и ослабляет световой поток.

Солнечный свет может проникать в толщу воды только на несколько десятков метров и создавать условия для протекания фотосинтеза.

Вода обладает уникальным свойством распространять звуковые волны (акустические особенности) – в воде звук распространяется в 4–5 раз быстрее, чем в воздухе.

Электропроводность чистой воды незначительна, а льда в 10 раз меньше, чем воды в жидком состоянии, но при ее минерализации (насыщении разными солями) электропроводность значительно возрастает.

1.2.3. Круговорот воды в природе

Важнейшей особенностью воды планеты Земля является круговорот воды, который осуществляется в глобальном и местных масштабах, служит основой возобновления природных ресурсов, играет решающую роль в экологическом движении воды на планете.

Принято считать, что вода – это движущая сила природы. На земном шаре находится порядка 1,390 млн км³ воды, из этого количества в океанах, морях, реках и озерах – 96,4 %; в ледниках – 1,86 % (25,8 млн км³); подземная вода, в том числе в зонах вечной мерзлоты, участвующая в круговороте, составляет примерно 1,68 % (23,4 млн км³); в атмосфере в виде паров присутствует до 13 тыс. км³.

В среднем в атмосфере постоянно присутствует порядка 13 тыс. км³ воды, при этом 90 % находится в нижнем слое на высотах 0–5 км, а атмосферная влага могла бы дать слой воды всего 25 мм на поверхности планеты.

Важнейшее значение на планете имеют пресные воды. Их количество составляет всего 36,7 км³, или 2,65 % от всей воды на Зем-

ле, в том числе жидкой фазы – 29–30 % и 70–71 % приходится на твердую фазу (лед).

Согласно геологическим данным количество воды на планете относительно стабильно: сколько воды уходит в космическое пространство, предположительно столько же и приходит из него. Однако перераспределение водных масс на планете происходит регулярно в течение достаточно длительного геологического времени. Так, при ледниковых периодах ледники суши увеличиваются и уровень мирового океана понижается (на 110–120 м ниже современного), а в межледниковые периоды уровень воды в океане поднимается (на 10–15 м выше современного). За последние 18 тыс. лет уровень воды в океане поднялся почти на 100 м, но в последние 5–6 тыс. лет поднятие уровня воды в океане стабилизировалось, однако имеется тенденция к повышению уровня в отдельных регионах планеты.

Климат Земли постоянно меняется, меняется и количество осадков в разных регионах суши. Это отмечено в Африке, районах Средиземноморья и т.д. В северном полушарии фиксируется уменьшение территории и мощности многолетней (вечной) мерзлоты.

В XXI веке прогнозируется увеличение в ряде районов засух и наводнений, увеличение скорости ветра и осадков при тропических циклонах. Все это – изменение метеорологических и гидрологических условий, при этом возрастет урон от паводков и ливневых наводнений на реках, образования оползней, лавин, селей и эрозии земель в речных бассейнах.

Круговорот воды (гидрологический цикл) на Земном шаре – особенность гидросферы Земли – создает основной механизм перераспределения на планете вещества и энергии, объединяет в единое целое не только водные объекты, но и разные ее части, является основой возобновления водных ресурсов.

Физической причиной круговорота воды на Земле является солнечная энергия и сила тяжести. Энергия Солнца нагревает и испаряет воду, приводит к неравномерному распределению атмосферного давления, вызывает воздушные потоки, переносящие влагу, создает ветровые течения в океане и т.д. Сила тяжести

способствует стеканию воды с территории суши в конечном итоге в океан.

Круговорот воды выявляет закономерности сохранения веществ и водного баланса планеты, в целом океана и суши; в нем имеются два четких цикла – океанический и материковый.

Океанический цикл – испарение с поверхности океана (моря), перенос и выпадения осадков на поверхность океана.

Материковый цикл – испарение с поверхности суши, перенос и выпадение осадка на территорию суши.

Вместе с водой в ее глобальном круговороте участвуют растворимые в воде соли, взвешенные вещества и газы. Эти циклы (или звенья) тесно связаны между собой поверхностным, подземным стоками и составляют общее понятие – гидрологический цикл.

Ежегодно вместе с водой с поверхности океанов при выбросе волнением и испарением на поверхность суши выносятся в среднем до 5 млрд т различных солей, а назад возвращается до 4,5 млрд т. Так происходит круговорот содержащихся в воде растворимых веществ, который называют *круговоротом солей*.

Вода переносит на значительные расстояния нерастворимые мелкие и мельчайшие частицы разных пород, так называемый *твердый сток*, или *наносы*, который проявляется в геологическом масштабе времени. Основным переносчиком наносов от талых и ливневых, дождевых вод являются верхние звенья русловых образований речных бассейнов.

Уже точно определено, что 77 % поступающей на планету солнечной энергии поглощается ее водными ресурсами, впоследствии эта энергия передается в атмосферу; и путем турбулентного теплообмена гидросфера выступает в качестве мощного нагревателя атмосферы и всей Земли, при этом основным источником осадков выступает Мировой океан и гидросфера планеты.

В настоящее время четко зафиксировано потепление климата планеты и продолжающееся повышение уровня Мирового океана, в основном за счет таяния ледников планеты.

Вода, как важная часть, входит в состав организмов, существующих на Земле: в наземных растениях – 70–90 %, в водорослях – 90–98 %, в рыбах – до 70 %, организм человека на 65–68 % тоже состоит из воды.

Водные ресурсы планеты – это все виды воды, находящейся на Земле. Наиболее ценными водными ресурсами являются запасы пресных вод, которые складываются из статистических, или вековых, и запасов непрерывно пополняемых.

Статистические запасы пресных вод мало изменяются в течение годовых циклов, к ним можно отнести подземные воды, воды озер, болот, ледников.

Возобновляемые водные ресурсы – это воды, ежегодно восстанавливаемые в процессе круговорота воды в природе, как правило, измеряются в единицах стока.

Возобновляемые водные ресурсы, речной сток, распределены по Земле неравномерно, так, наибольшую величину стока имеет Азия – 32 %, Южная Америка – 26 %, Европа – 7 %, Австралия и Океания – 5 %. Россия по общим запасам пресных вод занимает среди стран мира первое место и уступает Бразилии только по возобновляемым водным ресурсам (стоку рек). При этом статистические (вековые) ресурсы России составляют около 90 тыс. км³.

По долгосрочным прогнозам возможны изменения в объемах водных ресурсов. При дальнейшем потеплении климата и увеличении осадков возобновляемые водные ресурсы могут увеличиться на большей части территории России, а это значит, что нет основания ожидать какого-либо ухудшения обеспеченности водой населения страны и экономики в целом.

1.2.4. Гидрология ледников

Ледники являются аккумуляторами большого количества воды на планете, они участвуют в круговороте воды в природе, оказывают существенное влияние на многие процессы на земном шаре.

Главная причина существования оледенения и ледников – климатическая, это связано с преобладанием накопления снега и длительным периодом отрицательных температур воздуха на конкретных территориях Земли.

Особое значение имеет рельеф гор и высота расположения зон накопления ледовых масс. Накопление снега и ледников выше климатической снеговой линии не может продолжаться бесконечно, они должны соответствующим образом разгружаться и «стекать» в зоны таяния и превращения в текучие воды рек.

Ледники на Земле разделяются на два вида – *покровные* и *горные*.

Покровные ледники делятся на ледниковые купола мощностью до 1000 м, ледниковые щиты – мощность свыше 1000 м, выводные ледники – быстродвигающиеся, шельфовые – плавающие или частично опирающиеся на дно, часто образуют крупные айсберги.

Горные ледники: ледники вершин, ледники склонов, долинные ледники.

На протяжении геологической истории площадь ледников на Земле меняется. В ледниковую эпоху площадь оледенения была больше, чем в настоящее время, почти в два раза, а в эпоху четвертичного оледенения больше, чем в современном мире, в 3–4 раза.

На каждом леднике выделяются две зоны – верхняя зона, или область питания, и нижняя зона, или область расхода.

В каждом леднике наблюдается три принципиально разных способа льдообразования: рекристаллизация снега и фирна от давления, замерзание талой воды в толще фирна (инфильтрационный лед) и замерзание талой воды на поверхности ледника («наложенный», или конжеляционный).

По П.А. Шумскому и А.Н. Кренке, выделяются несколько зон льдообразования:

1. Снежная зона (рекристаллизационная). Таяние и водоотдача отсутствуют. Толща может быть от 50 до 150 м. Внутренние части Антарктиды, Гренландии.

2. Снежно-фирновая. Таяние слабое и только в летний период. Толща от 20 до 100 м. Периферийный лед Антарктиды, Гренландии.

3. Холодная фирновая зона. Таяние и водоотдача в летнее время умеренное. Широко распространена в Арктике.

4. Теплая фирновая зона. Таяние и водоотдача значительные. Распространена в горах и на арктических островах.

5. Фирново-ледяная зона. Таяние и водоотдача значительные. Распространена в горных районах.

6. Зона ледового питания. Таяние и водоотдача интенсивные. Типична для горных районов с континентальным климатом.

В теле крупных ледников имеется сложная гидрографическая система, которая представляет сеть взаимосвязанных полостей – гротов, трещин, колодцев, каверн, – частично или полностью заполненных водой.

В местах изменения рельефа ложа ледника при его движении возникают поперечные или продольные трещины, а на его поверхности или в его толще можно встретить накопление обломочного материала горных пород, называемого «мореной».

Главной составляющей расхода вещества ледника является сток его талой воды.

Существует термин «режим ледника», под которым понимают совокупность всех процессов, происходящих в конкретном леднике. Принято говорить, что ледник «живет», это означает его движение и режим в геологическом масштабе, вековом, многолетнем, сезонном, и суточных измерениях. Ледники могут «отступить» (в теплое время) или, наоборот, «наступить» (в холодное время). Движение или колебание ледников повсеместно наблюдается и в настоящее время.

Особую опасность для среды обитания представляют так называемые подледниковые и надледниковые озера, в которых может скапливаться несколько миллионов кубометров талой воды. При определенных условиях эта вода прорывает, промывает толщу лед-

ника и лавиной обрушивается на лежащие внизу заселенные долины, устраивая опустошительные наводнения.

Для борьбы с этим явлением человечество выработало ряд мероприятий, осуществление которых существенно снижает потери при прохождении значительных масс воды по защищенному рельефу местности.

1.2.5. Гидрология рек, озер, водохранилищ, болот

Река – постоянный водоток с водосборной площадью не менее 50 км² (если менее – это ручей) и четко выраженным руслом (или русловой долиной).

Водотоки с искусственным руслом называются каналами, а между морями – проливы.

В России насчитывается более 2,5 млн рек, из них – длиной менее 25 км – 95 %, а длиной от 100 до 500 км всего 1 %. Реки длиной более 500 км составляют лишь 0,008 %.

Самые водоносные реки России – Енисей, Лена, Обь, в Европейской части – Волга.

Реки подразделяются на горные, с бурным характером потока, и равнинные, со спокойным течением. Характер потока может быть смешанным в зависимости от рельефа местности и перепада высот в начале и конце потока.

Реки делятся:

по питанию – на реки снегового питания, дождевого питания, ледникового и от подземных источников;

по режиму – с весенним половодьем, с половодьем в летний, теплый период, с паводочным режимом;

по устойчивости русла – реки относятся к разряду устойчивых, когда русло не меняется годами, неустойчивые русла меняют свое место, оставляют старицы и создают прораны.

Имеются реки, которые в зимнее время могут промерзнуть местами до дна, а некоторые могут пересохнуть в жаркое летнее время.

Совокупность водотоков определенной местности, границы которой проходят по водораздельной линии, с которой осуществляется сброс воды, называется *гидрографическим бассейном*, а находящаяся на этой территории русловая сеть – *гидрографической сетью бассейна*.

В речной сети бассейна всегда имеется главная река, которая впадает в приемный водоем – море, океан, бессточное озеро (Волга), и притоки, впадающие в главную реку (Кама, Белая, Вятка).

У реки имеется исток. Исток – это точка, откуда начинается водоток (родник, болото, озеро, ледник). Устье – точка, где река впадает в другой водоток или приемник. Длина реки – расстояние между истоком и устьем, измеренное вдоль водотока. Высота падения реки – разница высот истока и устья. Продольные профили рек – это изменение отметок высот по дну и поверхности водотока.

Разность отметок дна на определенном участке реки называется *падением реки*.

Все реки протекают по речным долинам, которые имеют разное происхождение: *тектоническое, ледниковое, эрозионное* – и разделяются по форме поперечного профиля: *теснины, каньоны, клинообразные, трапециевидальные, корытообразные* и др.

В поперечном профиле речной долины четко просматриваются коренные берега, уступы коренных берегов, первая надпойменная терраса, вторая надпойменная терраса, бровка террасы, русло реки, прирусловая дюна (или прирусловой вал), низкая или высокая пойма (рис. 11).

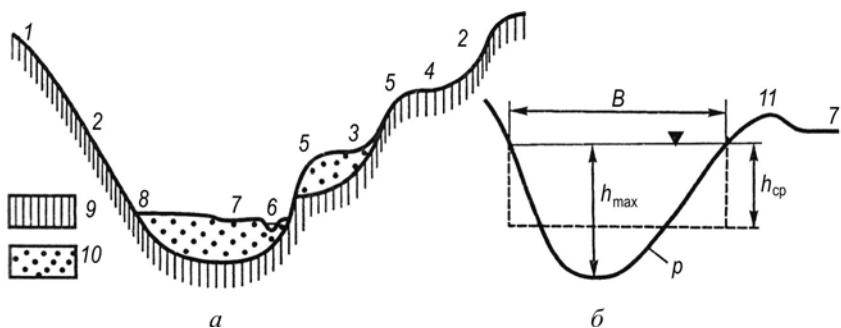


Рис. 11. Поперечный профиль реки: *а* – долины; *б* – русла;
 1 – бровка долины (коренного берега); 2 – уступ коренного берега;
 3 – первая надпойменная (аккумулятивная) терраса; 4 – вторая
 надпойменная терраса (эрозионная); 5 – бровка террасы; 6 – русло
 реки; 7 – низкая пойма; 8 – высокая пойма; 9 – коренные породы;
 10 – аллювиальные отложения; 11 – прирусловой вал

Рассматривая речные бассейны, необходимо знать водный режим реки, определяющий закономерные колебания стока воды; скорости течения; уровни воды и уклонов водной поверхности по временам года и по отдельным участкам речного русла; при этом рассматриваются вековые колебания, многолетние, сезонные и кратковременные, или локальные.

Фазами водного режима называются внутригодовые режимы рек:

– *половодье* весеннее – после таяния снегового покрова, для горных рек – от таяния ледников в теплую летнюю погоду;

– *паводок* может многократно повторяться в течение года, характеризуется интенсивным увеличением расхода реки от ливневых дождей, на малых реках паводок может превышать расходы половодья;

– *межень* – наиболее низкий уровень воды в реке.

Речной сток в широком смысле включает в себя стоки воды, наносов (твёрдый сток), растворённых веществ и тепловой энергии.

Речной сток – очень сложный вид *турбулентного* движения потока, подверженного в любой точке *турбулентным пульсациям*. Наибольшая скорость на поверхности потока называется *динамической осью потока*, или *стрежнем*.

Речной поток несет твердый сток, в местах отложения твердого стока образует на дне реки, берегах *донные отложения*, или *аллювий*.

Речные потоки по ледовому режиму делятся на три группы: замерзающие, незамерзающие и с неустойчивым ледоставом.

На режим рек в значительной степени оказывает влияние деятельность человека. Строительство мостов, водохранилищ, водозаборов, укрепление берегов, углубление фарватеров – все это негативно сказывается на природе и режимах рек.

Сброс неочищенных или условно очищенных производственных отходов промышленностью и сельским хозяйством ухудшает качество воды в реках, а «залповые» сбросы ядовитых или полужадовитых веществ наносят непоправимый урон растительности и подводному животному миру.

Особенно страдают от деятельности человека малые реки, на состоянии которых в первую очередь сказывается нерациональное использование водных ресурсов страны, особенно это относится к сбросу сточных вод населенных пунктов и промышленных предприятий.

Озера – естественные водоемы с замедленным водообменным процессом, обработанными берегами, не имеющие прямой связи с океаном. Озера, это естественные котловины в рельефе местности, заполненные водой, объем которой сохраняется или колеблется на определенном уровне, распространены повсеместно.

Наибольшее солоноватое озеро планеты – Каспийское море, самое глубокое пресное – Байкал.

Происхождение озер разнообразно: тектонические, вулканические, метеоритные, ледниковые, карстовые, суффозионные, речные, морские.

По водообмену озера подразделяются на сточные – когда из озера вытекает ручей или река, бессточные – когда из озера нет сброса воды, и проточные – когда в озеро впадает и из него вытекает река.

Структурой водного баланса озер принято считать соотношение приходными и расходными составляющими уравнения водного баланса в определенный отрезок времени.

Колебание уровня воды в озере – это главная характеристика водного режима озера, которая с другими характеристиками образует *гидрологический режим озера*.

Колебания уровня воды в озере могут быть вековыми, многолетними, сезонными и кратковременными.

Волнение на озерах могут быть разнообразными. Они зависят от размеров и глубин на конкретном озере (высота волн на Каспийском – до 5–6 м и выше, на мелких озерах – 0,3–0,5 м).

Вода в озерах может подвергаться влиянию ветра и перемещаться под действием динамического перемещения.

Нагревание и охлаждение воды в озерах происходит под действием солнечных лучей (солнечной радиации), и это приводит к перемещению водных масс по вертикали – конвективному и динамичному движению.

При наступлении отрицательных температур в атмосфере озера покрываются льдом и имеют три фазы: замерзание, ледостав, вскрытие.

В Антарктиде подледные озера круглый год окружены льдом. В теплых климатических условиях озера могут быть незамерзающими.

Как правило, воды озер насыщены водными организмами, особенно богаты жизнью прибрежные районы озер.

Однако в результате деятельности человека воды озер, в особенности малых, подвергаются искусственному загрязнению, преобразованию воды с большим содержанием органических веществ, отрицательно влияющих на ее качество.

Искусственные водоемы, или водохранилища, – творение человечества, используются для хранения водных масс, а также в целях регулирования стока и потребления воды в своих интересах, в том числе для получения электроэнергии и создания судоходности на реках.

Водоохранилища могут быть запрудные (на реках) и наливные (искусственно наполняемые); горные, равнинные, приморские.

В водохранилищах рассчитывается объем наполнения до определенного уровня воды в нем – *нормально подпертый уровень (НПУ)*. В период наполнения водохранилище может быть напол-

нено до предельно допустимого объема – *форсированного подпертого уровня (ФПУ)*, предельно допустимое опорожнение водохранилища до минимального уровня – *уровень мертвого объема (УМО)*. При уменьшении объема ниже УМО невозможна эксплуатация сооружения.

Водоохранилища, как и озера, являются накопителями наносов. Отложение мелких взвешенных частиц называется *заилением*, более крупных частиц, которые перекачиваются течением по дну водотока, – *занесением*.

Время, за которое наносы заполняют мертвый объем водохранилища, называется жизнью водохранилища и зависит от величины твердого стока реки, факторов подработки берегов волновыми процессами и других климатических условий.

Создание водохранилищ влияет непосредственно на некоторое изменение климата в конкретной местности, так как водные массы локально изменяют температурный режим региона.

Изменение контура береговой линии, из-за волнового воздействия, увеличивает площадь водохранилища на 10–50 м в год, что наносит непоправимый урон населенным пунктам и сельскохозяйственным угодьям.

В целом водохранилища оказывают довольно сложное и неоднозначное влияние на режим рек, природные условия сопредельных территорий и среду обитания человека и растительного, животного мира.

Болотом принято называть территорию с избыточным содержанием влаги, имеющую соответствующую растительность и слой торфа не менее 30 см. Если толщина торфа менее 30 см, то такие земли называют заболоченными землями.

Различают четыре вида болот:

1. *Низинные* – расположенные в низких местах рек, озер, в зонах подтопления водохранилищ.

2. *Верховые* – образуются на водоразделах и имеют мощный слой торфа.

3. *Переходные* – с типичной растительностью (береза, осоки, сфагновые мхи).

4. *Висячие* – располагаются, как правило, на участках склонов, где выклиниваются грунтовые воды.

Развитие торфяного болота – закономерный процесс накопления торфяной массы в результате деятельности растительного мира (рост, отмирание и разложение растительности), водный режим только создает начальное условие возникновения болота.

Водный режим болот зависит от водного баланса территории и колебаний уровня грунтовых вод, весной идет пополнение запасов влаги, в летнее время – ее расход на испарение и отток, зимой процессы испарения и стока уменьшаются и болота как будто «консервируются».

Болота имеют большое хозяйственное значение. Торф используют в качестве топлива, химического исходного материала, для удобрений сельхозугодий, осушенные территории торфяных болот – для выращивания сельхозпродуктов.

1.3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Инженерная геология – одна из отраслей геологии Земли. Совместно с ней на базе гидрологии, гидрогеологии и инженерно-геологических сведений составляется информация о возможности строительства и эксплуатации наземных и подземных сооружений на выбранной территории.

Инженерно-геологическими процессами называют явления и процессы, возникающие при инженерной деятельности человека, создании им определенных изменений в структуре пород и водных режимах при строительстве и последующей эксплуатации созданных сооружений.

В настоящее время инженерная геология включает три направления: грунтоведение, инженерную геодинамику и региональную инженерную геологию.

Грунтоведение изучает инженерно-геологические свойства горных и осадочных пород на самом верхнем участке земной коры, их качественные и количественные характеристики и возможности изменения этих характеристик в процессе производства работ и эксплуатации построенных сооружений.

Инженерная геодинамика (собственно инженерная геология) изучает геологические, инженерно-геологические процессы и явления, способные повлиять на сооружения в процессе их возведения и эксплуатации.

Региональная инженерная геология занимается изучением пространственных закономерностей инженерно-геологических условий, от которых зависят конструктивные особенности, место размещения и методы производства работ, выработка мероприятий по предотвращению неблагоприятных условий для возводимых сооружений.

К числу задач, которые решает инженерная геология, относятся:

1. Выбор наиболее благоприятного участка расположения проектируемого сооружения.
2. Изучение геологических, гидрологических и гидрогеологических условий размещения конкретного сооружения.
3. Установление хода геологических и инженерно-геологических явлений и процессов, которые могут положительно и отрицательно влиять на возводимые сооружения в период строительства или эксплуатации.
4. Рассмотрение альтернативных участков размещения строительства сооружений и выработки оптимального решения в результате сравнительной оценки каждого варианта.
5. Выработка (если это требуется) мероприятий, обеспечивающих сохранность сооружений на период строительства и эксплуатации.

1.3.1. Основы грунтоведения

Все геологические образования (горные и осадочные породы, почвы), которые выступают основаниями для сооружений (промышленные или гражданские и жилые здания, гидросооружения) или средой, в которой строятся сооружения (тоннели, каналы), обозначаются общим понятием *грунты*.

Грунты представляют собой многофазные системы, состоящие из следующих фаз: твердой минеральной, порового водного раствора, микроорганизмов.

Грунты изучаются в естественных условиях их залегания – шурфами, скважинами большого диаметра, шахтами – с учетом изменений их свойств во времени.

Свойства грунтов, на которых предполагается произвести строительство сооружений, зависят от условий образования этих грунтов.

Скальные грунты, образовавшиеся при застывании магмы, относятся к разряду прочных грунтов. Осадочные породы – мягкие, рыхлые, несвязные – к разряду менее прочных.

Значительное влияние на прочностные характеристики грунтов имеет степень насыщения их водой: чем больше в грунте содержится воды, тем этот грунт может быть менее прочен.

При этом грунты метаморфической структуры – гнейсы, сланцы, сформировавшиеся при высоком давлении и высокой температуре, – будут больше подвергаться изменению, чем пески.

Свойства грунтов изменяются в зависимости от воздействия тектонических процессов, в том числе процессов, которые связаны с условиями залегания в момент образования и условиями настоящего времени.

Минеральный и гранулометрический состав грунтов

Минеральный состав грунтов оказывает значительное влияние на их свойства. Все минералы делятся на две группы: породообразующие, или главные, и второстепенные, или случайные.

Основную массу грунта составляют породообразующие минералы. Второстепенных минералов содержится не более 5 %, при этом случайные минералы в грунтах встречаются крайне редко и в незначительном количестве.

Физические, химические, механические свойства преобладающих в природе кристаллических минералов определяются природой связи между атомами, ионами, молекулами в кристаллической решетке. Существуют ковалентная (гомополярная), металлическая, водородная и ионная, молекулярная (остаточная) связи.

Наиболее прочными связями являются ионные, ковалентные и металлические. Менее прочными – водородная и особенно молекулярная связь, при этом молекулярный тип связи присутствует в минералах всегда, ибо эта связь возникает вследствие поляризации взаимодействующих молекул.

Если электроны минералов могут свободно покидать орбиты своих атомов и свободно передвигаться между группами атомов, то такая связь называется *металлической*.

В минералах, содержащих водород и электроотрицательные элементы (фтор, кислород, азот, хлор), связь может быть *ковалентной* и *водородной* за счет электростатического притяжения атомов водорода и атомов электроотрицательных элементов.

В случае, когда атомы разных химических элементов обладают различной способностью захватывать электроны, образуется *ионная*, или *полярная, связь*.

Молекулярная связь возникает вследствие поляризации взаимодействующих молекул.

Все минералы делятся на четыре группы:

1. Минералы с ковалентным типом связи – все силикаты, кроме слоистых.
2. Минералы с ионным типом связи – сульфаты, карбонаты, галоиды, простые соли.
3. Минералы с несколькими типами связи – глинистые минералы и слоистые силикаты.

4. Органические соединения – гуминовые кислоты, протеин, клетчатка и др.

Для осадочных пород (суглинки, супеси и др.), горных глинистых, осадков и почв, кроме минеральных, определяется *гранулометрический состав*. Гранулометрический состав определяется для глин, суглинков, супесей, лессов ареометрическим методом, для несвязных грунтов – с помощью сит с различными диаметрами отверстий.

По итогам определения гранулометрического состава заполняется таблица, в которой указываются наибольший и наименьший диаметр каждой фракции и их процентное содержание в конкретном образце грунтов.

Структура и текстура грунтов

Структура и структурные связи грунтов определяют размеры, форму, характер поверхности и количественное соотношение слагающих элементов, их взаимосвязь.

В одних и тех же грунтах могут быть разные типы связей – от одной до двух и более (смешанные связи – суглинки, лесс).

Структура грунтов определяет их степень устойчивости к выветриванию, сжатию. Так, мелкокристаллические грунты разрушаются в меньшей степени, чем крупнокристаллические. Осадочные крупнообломочные грунты на сжатие более прочны, чем среднезернистые, а среднезернистые более прочны, чем мелкозернистые.

Текстура оказывает большое влияние на свойства грунтов, наиболее прочные грунты имеют плотную массивную текстуру (магматические, некоторые метаморфические породы и даже осадочные).

Пористые грунты менее прочны, они имеют меньшую плотность сложения элементов друг к другу.

Основные свойства грунтов

Показатели, или свойства, грунтов крайне необходимы для определения устойчивости сооружений на период строительства и эксплуатации. Они могут определяться разными методами, которые

состоят из двух фаз: полевые и лабораторные исследования. Полевые исследования дают более точные данные о свойствах и особенностях грунтов, залегающих на определенных участках территории.

Плотность – отношение массы абсолютно сухого грунта к объему скелета или к общему объему его твердой части (или к массе воды в объеме твердых частиц).

Объемная масса грунта – отношение массы грунта к его объему, которая определяется минеральным составом, пористостью и влажностью.

Стойкость – степень устойчивости грунтов к влиянию процессов выветривания и сопротивление влиянию воды.

Влажность, консистенция, водные свойства характеризуют содержание воды в грунте и влияют на различные свойства грунта, особенно для грунтов глинистых, илистых.

Пластичность зависит от количества воды в грунте, для пород с содержанием глинистых частиц.

Набухание – способность грунта при увлажнении увеличивать свой объем.

Усадка – процесс уменьшения объема грунта при высыхании.

Липкость – способность грунтов прилипать к различным предметам при определенном содержании воды.

Водопрочность – способность грунтов сохранять свои физические свойства при взаимодействии с водой.

Влагоемкость – различают несколько типов: полную, капиллярную, максимально молекулярную и гигроскопическую. Количественно влагоемкость характеризуется отношением объемной влажности грунта к его пористости.

Водоудерживающая способность грунтов, или водоудержание, зависит от форм воды, удерживаемой воды и численно равна молекулярной и гигроскопической влагоемкости.

Водоотдача – способность грунтов отдавать свободную воду.

Недостаток насыщения численно равен полной влагоемкости и естественной объемной влажности

Растворимость – способность грунтов частично растворяться, особенно под влиянием подземных вод.

Размягчаемость – свойство грунтов снижать свою прочность при увлажнении без видимых признаков разрушения.

Расчеты характеристик грунтов производятся по формулам, принятым в почвоведении.

Физико-механические свойства грунтов играют большую роль при определении качества грунтов. Эти свойства проявляются при действии внешних нагрузок на грунты, в частности нагрузок от сооружений, при этом могут возникать упругие деформации пластичного деформирования и разрушения грунта:

– *сопротивление грунтов сжатию* возникает при осевом сжатии скальных грунтов (упругие деформации, которые восстанавливаются после снятия сжатия; остаточные деформации, которые остаются после снятия сжатия в виде трещин или зон трещиноватости); характеризуется *модулем упругости*, который рассчитывается как отношение напряжения при одноосном сжатии к относительно образимой деформации;

– *сопротивление грунтов сдвигу* зависит от сцепления пород и трения, проявляется в основном в связных грунтах, в скальных грунтах зависит от химических свойств грунтов и угла внутреннего трения и сцепления породы;

– *сопротивление грунтов разрыву* возникает в грунтах при появлении растягивающих давлений, высыхании грунта, нагревании и остывании грунтов, действии гравитационных сил на крутых откосах и склонах.

Воздух и газы в грунтах заполняют каверны, трещины. Это влияет на медленную осадку сооружений и может вызвать частичное разрушение грунта при прорывах газов.

Классификация грунтов

Первая классификация грунтов была опубликована в 1840 году.

Грунты, распределенные в верхних слоях земной коры, могут иметь одинаковое происхождение, но разные свойства, вместе с тем некоторые грунты имеют одинаковые свойства, но разное происхождение. Используя факторы, определяющие свойства грунтов, их подразделяют на классы, группы и другие единицы, в пределах которых объединяют грунты с близкими свойствами.

Согласно классификации все горные породы разделены на пять групп:

1. Скальные твердые, компактные – кварциты, гнейсы, мраморы – магматические породы; известняки, доломиты, кварцевые песчаники – осадочные горные породы.

2. Полускальные относительно твердые и компактные – мел, туфы, глинистые известняки, сульфаты.

3. Мягкие, мелкодисперсные, связные, пластичные породы – глины, суглинки, лессы.

4. Рыхлые несвязные породы, слабосжимаемые, невлагоемкие, водопроницаемые – крупнообломочные и среднеобломочные несцементированные породы.

5. Мягкие и рыхлые породы особого состава и состояния – слабые в строительном отношении породы.

В первой половине прошлого века в России была принята единая классификация горных пород и грунтов, в основу которой были положены следующие признаки:

1. Основные физические свойства – структурные связи, электрическое сопротивление, скорость распространения волн и др.

2. Отношение к воде – водопроницаемость, влагоемкость, растворимость, связность в мягких породах.

3. Главные механические признаки – сжимаемость, прочность на сжатие, устойчивость в откосах и др.

В соответствии с этой классификацией горные породы были разделены на пять групп.

В 1957 году была предложена *общая инженерно-геологическая классификация горных пород и почв*, в основу которой заложены следующие признаки (Е.М. Сергеев и др.):

1. Геологические признаки породы – возраст, условия залегания и литогенеза.

2. Химико-минералогические и петрографические признаки – состав, структура, текстура, засоленность, цементированность.

3. Физическое состояние – степень выветривания, трещиноватость, обводнение.

4. Стойкость – степень сопротивления выветриванию.

5. Механическая прочность.

Согласно этой классификации все грунты разделены на три класса:

1. Породы с жесткими связями.

2. Породы без жестких связей.

3. Искусственные грунты с жесткими и без жестких связей.

Почвы как грунты

Почвы представляют собой особые системы, формирующиеся в результате выветривания и почвообразования, при этом главным фактором формирования выступает климат. Поэтому почвы подчинены климатической зональности, а также зависят от рельефа местности, возраста почвообразующих пород, растительности и животного мира.

В отличие от других геологических образований почвы имеют в своем составе, помимо минеральной составляющей, органическую, от которой зависит их плодородие.

Органическая часть представлена продуктами разложения растительного происхождения, остатками живых организмов и живыми бактериями.

Солончаки и солонцовые почвы неплодородны из-за значительного содержания в них растворимых солей.

В пределах заболоченных земель широкое распространение имеет торф, как современный осадок, состоящий из не полностью разложившихся растительных остатков.

Искусственные грунты – грунты, сформировавшиеся в результате деятельности человека; подразделяются на культурные и техногенные.

Культурные грунты образуются на месте древнейших и современных поселений, они представлены органическими частями, в них можно встретить предметы жизнедеятельности людей, проживавших ранее на данной территории.

Техногенные грунты образуются от инженерной деятельности человека (осадки на дне водохранилищ, насыпи, отвалы вблизи шахт и т.д.)

1.3.2. Основные инженерно-геологические процессы и явления

Инженерно-геологическими процессами называются такие процессы, которые возникают в природе в результате деятельности человека.

Инженерно-геологические явления являются результатом инженерно-геологических процессов.

Процессы и явления, связанные с движением подземных вод

В процессе строительной деятельности человека, например вскрытия подземных вод выработками, поднятия уровня грунтовых вод при строительстве гидротехнических сооружений – плотин, дамб и других, скорость движения подземных вод может увеличиваться. В этом случае наиболее опасным процессом является *суффозия*.

Суффозия как инженерно-геологический процесс, проявляется на участках, где произошло вскрытие подземных вод котлованами, карьерами, выемками. Она бывает двух видов: механическая и химическая.

Механическая суффозия возникает от повышения напорного градиента в фильтрационном потоке в рыхлых и мягкосвязных грунтах. Она возникает, например, в нижнем бьефе плотин, когда частицы породы выносятся из-под основания плотины, что может привести к ее разрушению.

При выклинивании безнапорных грунтовых вод в бортах котлованов и карьеров происходит также вынос водой мелких частиц, так как сила тяжести не препятствует суффозии, а, наоборот, способствует.

При вскрытии насыщенных подземными водами водоносных горизонтов, состоящих из несвязных рыхлых, а иногда и мягких песчано-пылеватых грунтов, насыщенных водой, происходит движение всей грунтовой массы (грунт + вода). Этот процесс получил название *пльвучести*, а грунты – название *пльвуны*.

Таким образом, пльвун – это такое состояние некоторых водонасыщенных грунтов, при котором происходит передвижение всей массы грунта, если возникает напорный градиент. При этом происходит заплывание стенок карьеров, котлованов, выемок, вынос на поверхность новых порций грунта с образованием пустот и ниш, а это может привести к деформации поверхности с образованием провалов и опусканий.

Пльвуны очень осложняют производство работ при строительстве и эксплуатации сооружений и могут приводить к авариям и аварийным ситуациям.

Для борьбы с пльвунами выработано несколько схем:

1. Осушение водоносных горизонтов с помощью скважин, оборудованных иглофильтрами и откачивающими насосами.
2. Защита котлованов кессонами, опускными колодцами, шпунтовыми стенками, забивной крепью.
3. Замораживание пльвуна на период прохождения его сооружением.
4. Силикатизация грунта типа пльвун с помощью специальных смол, которые цементируют породу и тем самым ее закрепляют.

Химическая суффозия – это растворение подземными водами пород (карбонатов, сульфатов, галлоидов) и возникновение пустот – карст.

Движение грунтов на склонах и откосах

Грунты на склонах и откосах могут терять устойчивость под воздействием ряда причин и приходиться в неустойчивое состояние – смещаться вниз по склону, откосу в виде обвалов, оползней, осыпаний или оплывания.

Эти смещения делятся на два типа: гравитационное смещение и смещение от совместного влияния гравитационных и других сил.

Гравитационное смещение может быть двух подвидов – основное и промежуточное.

К основным смещениям относятся:

- обвал – резкое обрушение горных пород вниз в виде свободного падения с ударами о борта склона и перекатыванием по склону;
- осыпание – отделение и скатывание рыхлых пород вниз по склону; осыпь – накопление продуктов осыпания у подошвы склона;
- оползание – смещение части горных пород, образующих склон, по неподвижной его части; оползень – оползающая часть склона.
- лавина – скольжение и обрушение, как правило, снежных масс.

К промежуточным смещениям относятся оползание пород склона, переходящее в обвал; обвал обломков, переходящий в оползание их в нижней части склона. Осовами называют соскальзывания осыпи или ее части при насыщении водой.

Оползни могут быть двух видов – природные, естественные, и техногенные, искусственные, вызванные деятельностью человека.

Природные оползни возникают при землетрясениях, от деятельности поверхностных вод, обильных осадков (атмосферные), выветривания, суффозии грунтов.

Причина возникновения техногенных оползней – строительные работы, орошение, осушение, добыча полезных ископаемых, искусственная нагрузка или подрезка склона при проведении работ.

Сохранение устойчивости откосов и склонов достигается выполнением мероприятий, обеспечивающих их сохранность на период строительства и эксплуатации: посев на откосах трав; перехватывание поверхностных вод лотками, кюветами, канавами; подземных вод – горизонтальными, вертикальными дренажами; каменные наброски и т.д.

Процессы и явления, связанные с промерзанием грунтов

Почти на всей территории России в зимнее время происходит замерзание грунтов на определенную глубину – от нескольких сантиметров до 3–4 метров, кроме того, на некоторых участках находятся грунты с многолетней мерзлотой мощностью 400–600 м, верхний слой которой оттаивает в летнее время на незначительную глубину.

Мощность мерзлых грунтов возрастает к водоразделам и уменьшается к долинам рек.

В вертикальном разрезе многолетних мерзлых грунтов просматривается закономерность:

1. Деятельный слой, сезонно-талый, верхний, характеризуется сезонными промерзаниями и оттаиваниями, зависит от климатических условий и рельефа, растительности и т.д.

2. Слой, в котором находят положительные температуры в течение года, существует только при глубоком залегании многолетнего мерзлого грунта.

3. Слой вечно мерзлого грунта залегает под деятельным слоем, его возможно находить под слоем положительных температур, в его структуре встречаются талики – талый грунт в виде вертикальных образований (прерывистые, по глубине мерзлой толщи). Встречается вечная мерзлота под реками, озерами.

Мощность сезонно-мерзлого грунта обычно обесценивается глубиной грунтовых вод, рельефом местности, экспозицией склонов и растительным покровом.

На территориях с залеганием сезонно-мерзлого грунта глубина заложения фундаментов сооружений должна быть более величины максимального промерзания грунта.

Некоторые породы грунтов при замерзании увеличивают свой объем. Такие грунты называют *пучинистыми*, они могут деформировать фундаменты сооружений, если последние не заложены ниже их зоны замерзания.

Процессы и явления, связанные с увлажнением грунтов

При увлажнении мягких макропористых грунтов происходит разрушение некоторых структурных связей и уменьшение пористости. В результате возникает неравномерное уплотнение, что ведет к просадке и образованию трещин.

Если сооружения построены на таких грунтах, то не исключается частичная деформация этих сооружений или полное разрушение.

Мероприятия по предупреждению просадок сооружения сводятся в основном к недопущению увлажнения территории и отводу поверхностных вод из зоны их возможного образования.

Подработка берегов водохранилищ

Подработкой берегов водохранилищ называют процессы и явления, связанные с содержанием больших объемов воды на определенной территории и в связи с этим изменением контура водохранилища из-за обрушения береговой линии от волновой деятельности водохранилища.

Процесс этот длительный и может продолжаться от нескольких лет до десятка лет и более, зависит от объема и площади водохранилища, геологической структуры его берегов, климатических условий и общего рельефа прилегающей территории.

При проектировании водохранилищ актуальны вопросы об определении ширины полосы разрушений и выработке мероприятий, обеспечивающих сохранность существующих поселений, неносимых (незатопляемых) зданий.

Определение полосы конечной переработки берегов крупных водохранилищ – процесс очень сложный и требует научного обоснования в каждом конкретном случае.

К гидрологическим факторам относятся высота волны, глубина водохранилища, наличие поверхностных и подводных течений. Все это факторы, от которых зависит окончательный вывод о полосе подработки берегов.

Скорость подработки берегов особенно значительна в первые годы создания водохранилища, затем она медленно затихает до момента остановки.

Процессы и явления, возникающие в грунтах под сооружениями

Построенные сооружения оказывают на грунт вертикальное давление (вес сооружения), горизонтальное давление (ветровая нагрузка), а в гидротехнических сооружениях вода оказывает давление на плотину, грунт – на подпорную стенку. Многие сооружения испытывают динамическую нагрузку от действия установленного оборудования.

Осадки сооружений могут быть равномерные, когда все сооружение имеет синхронную осадку, и неравномерные, когда разные части сооружения имеют различную осадку.

Изменение проектного положения сооружения может быть вызвано сжатием грунтового основания и сдвигом от горизонтальной нагрузки.

В некоторых грунтовых основаниях при определенных условиях может происходить *глубокий сдвиг*, тогда грунт выпирает из-под фундамента сооружения и оно теряет устойчивость.

Вопросы по первой главе

1. Форма и размер земного шара, максимальная глубина океана и высота самого значительного горного пика.
2. Атмосфера и ее состав.
3. Что такое гидросфера? Сколько процентов территории планеты она занимает?
4. Что такое геосфера и какой наукой она изучается? Строение и состав геосферы.
5. Строение земного шара и земной коры.
6. Что такое минералогия? Как разделяются минералы по своему состоянию?

7. Классификация минералов.
8. Деление горных пород по условиям образования.
9. Что такое динамическая геология?
10. Причины, вызывающие движение земной коры и горообразование.
11. Какие виды тектонического движения наблюдаются в природе?
12. Какие территории называются сейсмически опасными и где они располагаются в России?
13. В каких единицах измеряется сила землетрясения? Характеристики землетрясений по силе приносимых разрушений.
14. Характеристики эндогенных процессов, происходящих на планете.
15. Чем характеризуется деятельность текучих поверхностных вод на планете?
16. Что такое делювиальный процесс?
17. Характерные особенности речных долин северного полушария Земли.
18. Чем характеризуется деятельность ледников?
19. Задачи исторической геологии. Что такое геологическая эра, геологический период? Кратко рассказать о геохронологической шкале, принятой в России.
20. Что называют геологическими картами и геологическим профилем, или разрезом?
21. В каком веке начаты гидрологические наблюдения за уровнем воды в р. Волге, Оке, Доне?
22. Рассказать об основных физических и химических характеристиках воды.
23. Какие бывают круговороты воды в природе? Дать краткое описание круговоротов; их значение для планеты Земля.
24. Какое место по запасам пресных вод занимает Россия среди стран мира? Каковы статистические запасы пресных вод России?
25. Сколько зон имеет льдообразование?
26. Сколько видов ледников имеется на Земле?
27. Какой водоток называется рекой, ручьем?

28. Как делятся реки по питанию? Фазы водных режимов.
29. Какие бывают озера? Дать характеристики самого крупного и самого глубокого озера России.
30. Характеристика водохранилищ и их роль в народном хозяйстве страны.
31. Какие бывают болота?
32. Понятие об инженерной геологии и ее роли в определении возможности строительства сооружений на конкретной территории.
33. От чего зависят свойства грунтов? Основные свойства грунтов.
34. Классификация грунтов.
35. Как характеризуются почвы?
36. Что называется инженерно-геологическим процессом?
37. Какие процессы и явления связаны с движением подземных вод?
38. Какие названия носит движение грунта на склонах и откосах?
39. Что такое промерзание грунта?
40. Какие грунты называются пучинистыми?
41. Как влияет увлажнение грунтов на деформацию сооружений?
42. Что такое подработка берегов водохранилищ? Какие существуют методы борьбы с этим явлением?
43. Какое влияние оказывают возводимые сооружения на грунты оснований?

ГЛАВА 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОГЕОЛОГИИ ЗЕМЛИ

Гидрогеология – это наука о подземных водах, которая является частью геологии и гидрологии Земли.

2.1. ВИДЫ ВОДЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ, МИНЕРАЛАХ

Конституционная вода (это понятие признано только в гидрогеологии) представлена в кристаллической решетке минералов в виде гидроксильных групп и может быть выделена только при нагревании минерала до температуры от 300 до 1000 °С и в очень ограниченных количествах.

Кристаллизационная вода входит в кристаллическую решетку в виде молекулы воды H_2O . При нагревании до 300 °С выделяется кристаллизованная вода, а минерал из одного состояния переходит в другой, так гипс превращается в ангидрит (температура 107 °С).

Цеолитная вода является разновидностью кристаллизационной воды, связана с кристаллической решеткой менее прочно, удаляется из минерала постепенно, при этом минерал изменяет свои свойства.

Физически связанная вода делится на *гигроскопическую воду* (прочно связанную) и *пленочную* (рыхло связанную).

Гигроскопической водой называют пары воды, поглощенные породой из воздуха, эта вода увлажняет и механически примешивается к той или иной породе, она не передает гидростатического давления, не обладает растворяющей способностью, не замерзает до температуры –78 °С. При нагревании до 100–105 °С эта вода полностью удаляется.

Содержание гигроскопической воды:

- в песках – 1 %,
- лессах – 8 %,
- глинах – до 18 %.

Пленочная вода (рыхло связанная) образуется в порах при конденсации водяных паров и покрывает тонкой пленкой (0,001 см) поверхность частиц пор сверх слоя гигроскопической воды, не подчиняется силе тяжести, не передает гидростатическое давление, не замерзает при снижении температуры до $-5-6$ °С.

Пленочная вода влияет на деятельность микроорганизмов и способствует почвообразованию. Содержится в глинах до 45 % в песках – до 2,7 %.

Свободная вода подразделяется на *капиллярную* и *гравитационную*.

В земной коре находится так называемый поверхностный пояс, расположенный на стыке атмосферы, гидросферы, литосферы и лежащий выше постоянного уровня подземных вод; он называется поясом, или зоной, аэрации. Горные породы в этом поясе не заполнены водой и в пустотах содержат воздух.

Ниже границы уровня подземных вод лежит второй пояс, который называется *поясом насыщения*. Поры его грунтов полностью насыщены водой.

Капиллярная вода содержится в тонких порах и образует раздел между поясом аэрации и поясом насыщения. Обладает способностью подниматься в тонких трубах, при этом высота подъема обратно пропорциональна диаметру трубок-пор (капилляров), чем меньше диаметр пор, тем больше высота подъема: в песках – от 15 до 100 см, в глинах – до 500 см.

Опытным путем установлено, что минерализованная вода поднимается выше, чем пресная.

Замерзание капиллярной воды зависит от величины капилляров; и замерзает она при температуре немного ниже 0 °С.

Капиллярное поднятие воды, как правило, происходит в первые дни ее проникновения, далее оно замедляется.

В нижней части пояса аэрации капиллярные воды связаны с гравитационными водами, это способствуют подъему уровня грунтовых вод под влиянием сил тяжести.

Мощность капиллярной каймы изменчива во времени и весьма важна для территорий с глубоким залеганием грунтовых вод.

В условиях сухого климата высота капиллярной канвы может привести к поднятию грунтовых вод и засолению почв.

Свободная вода передвигается в породах под влиянием силы тяжести, выполняет механическую и химическую работу.

2.2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД

Главнейшие свойства пород:

- плотность и объемная масса;
- пористость – отношение объема пор к объему взятого образца, коэффициент пористости – отношение объема пор к объему его твердой части;
- водопроницаемость – способность пород пропускать воду.

По этому показателю породы условно делятся на три вида:

- 1) водоупорные, непроницаемые – глина, граниты, кварциты;
 - 2) слабопроницаемые – лесс, суглинки;
 - 3) проницаемые – способны пропускать и содержать подземные воды (пески, галечники);
- влагоемкость – способность вмещать и удерживать в себе водные массы (торф, глина, супеси).

2.3. СВОЙСТВА И СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Температура подземных вод колеблется от $-4-6$ до $+100$ °С и выше (в зоне деятельности молодых вулканов).

Плотность наибольшая при $+4$ °С: пресной – $1,0$ г/см³, морской – $1,03-1,08$ г/см³.

Прозрачность – способность пропускать световые лучи, определяют приборами; воды бывают прозрачные, слегка мутные, мутные, очень мутные, селевые потоки.

Состав воды очень разнообразен. Никакая другая жидкость не может сравниться с водой ни по числу веществ, которые могут в ней раствориться, ни по количеству веществ, которые она может удерживать в растворе. Причина – особенности структуры молекулы воды.

Классификация подземных вод по минерализации (плотному остатку), разработанная В.И. Вернадским:

- пресные – 1 г/л,
- слабо соленые – 1–3 г/л,
- сильно соленые – 3–10 г/л,
- соленые – 10–35 г/л,
- рассолы – более 35 г/л.

Пресные подземные воды содержат различные соединения и элементы, влияние которых на организм человека, урожай сельскохозяйственных культур, развитие растений, устойчивость бетона, обсадных труб и фильтров не одинаково.

Подземные воды могут содержать микроорганизмы растительного и животного происхождения, особое место среди них занимают бактерии, в том числе и болезнетворные, например бактерии брюшного тифа, холеры.

Выявить наличие микроорганизмов в воде возможно только при бактериологическом анализе конкретного источника (родника, водоема).

По температуре подземные воды подразделяют на пять видов:

- 1) холодные – до 20 °С;
- 2) теплые – 20–37 °С;
- 3) термальные (горячие) – 37–42 °С;
- 4) гипотермальные (очень горячие) – 42–100 °С;
- 5) перегретые – свыше 100 °С.

Особые требования предъявляются к подземным водам при строительстве сооружений.

Важнейшим из этих требований является выяснение агрессивности подземных вод по отношению к строительным материалам, и в частности к бетону. Наблюдения показывают, что разрушение и выщелачивание бетона происходит по конкретным показателям:

1. Растворение и выщелачивание составных частей бетона.
2. Образование в бетоне новых соединений, возникающих в результате взаимодействия составных частей цемента с растворенными в воде и соприкасающимися с бетоном веществами.

Различают виды агрессии: углекислотную, выщелачивающую, сульфатную, магниезильную.

2.4. ГИДРОЛОГИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Скопления подземных вод, участвующих в круговороте воды на планете, – это особые водные объекты, существенно отличающиеся от водотоков и водоемов и являющиеся важными элементами гидросферы.

Подземные воды тесно связаны с геологическим строением земной коры и свойствами горных пород и являются объектом изучения гидрогеологии как одного из разделов геологии.

2.4.1. Классификация подземных вод

Подземные воды классифицируются по происхождению, физическому состоянию, характеру вмещающих их грунтов, гидравлическим условиям, температуре, минерализации, химическому составу и характеру залегания.

По характеру вмещающих воду грунтов подземные воды подразделяются:

- на *поровые*, залегающие в рыхлых грунтах;
- *пластовые*, залегающие в пластах осадочных горных пород;
- *трещинные*, залегающие в плотных, но трещиноватых осадочных, магматических, метаморфических горных породах;
- *трещинно-жильные*, залегающие в отдельных тектонических трещинах.

По гидравлическим условиям подземные воды подразделяются:

- на *напорные* – артезианские и глубинные;
- *безнапорные* – грунтовые.

По температуре подземные воды делятся:

- на *исключительно холодные* – ниже 0 °С;
- *весьма холодные* – 4–20 °С;
- *теплые* – 20–37 °С;
- *горячие* – 37–42 °С;
- *весьма горячие* – 42–100 °С;
- *исключительно горячие* – более 100 °С.

К *термальным* водам относятся воды температурой выше 20 °С.

По минерализации подземные воды (как и все природные воды) делятся:

- на *пресные* – до 1 ‰;
- *солончатые* – 1–25 ‰;
- *соленые* – 25–50 ‰;
- *рассолы* – 50 ‰ и более.

Если подземные воды оказывают бальнеологическое воздействие на организм человека, то такие воды называются *минеральными*.

По характеру залегания подземные воды делятся на две группы:

1) *подземные воды суши*, которые делятся на *зоны аэрации* и *зоны насыщения*. Зона аэрации охватывает верхние слои грунтов. Зона насыщения содержит воды трех типов – безнапорные, напорные артезианские и глубинные;

2) *подземные воды океанов и морей*.

2.4.2. Воды зоны аэрации.

Почвенные воды, верховодка, капиллярная вода

Зона аэрации занимает верхний слой почвенно-грунтовой толщи от земной поверхности до уровня грунтовых вод.

Через зону аэрации осуществляется взаимосвязь атмосферы и грунтовых вод, в этой зоне происходит инфильтрация дождевых и талых вод, формирование почвенной воды, верховодки, фильтрация гравитационной воды и поглощение влаги растительностью с последующей ее транспирацией.

Попадая после дождей или таяния снега в грунт, вода смачивает почвенный слой, и происходит формирование *почвенных вод*, под которыми понимают временное скопление свободной (гравитационной) и капиллярной воды в почвенной толще. Эта вода имеет связь с атмосферой и участвует в питании корневой системы растений.

Почвенные воды обычно просачиваются в более глубокие слои грунта и не образуют постоянного водоносного горизонта, при

этом после сильных дождей или быстрого снеготаяния образуется *почвенный сток*, если в почве имеются наклонные слабопроницаемые прослои. Мощность слоя с почвенной водой изменяется от нескольких сантиметров до полутора метров.

Воды зоны аэрации образуют *верховодку* – временные или сезонные скопления подземных вод мощностью от 0,4 до 1,0 м, редко до 3–5 м.

Почвенные воды и верховодка обычно пресные, но в болотных и торфяных почвах эти воды могут иметь значительную концентрацию кислот органического происхождения и легко подвержены загрязнению с поверхности земли.

Выше уровня грунтовых вод в пределах зоны аэрации располагается *капиллярная зона*, или *капиллярная кайма*.

2.4.3. Воды зоны насыщения. Грунтовые воды

Грунтовые воды – это подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, располагающегося на первом водоупорном пласте.

Безнапорные гравитационные воды имеют свободную поверхность, называемую *уровнем*, или *зеркалом грунтовых вод*.

Важнейшими процессами, влияющими на состояние грунтовых вод, являются их *питание* и *разгрузка*.

Питание грунтовых вод осуществляется инфильтрацией из зоны аэрации осадков, конденсацией водяного пара и поглощением вод водотоков и водоемов, иногда грунтовые воды получают питание из более глубоких водоносных напорных горизонтов.

Конденсационное питание грунтовых вод в целом составляет не более 30 % годового питания.

Поглощение поверхностных вод зависит от характера гидравлической связи между поверхностными и грунтовыми водами.

Разгрузка грунтовых вод осуществляется посредством источников, родников, фильтрацией в русла водотоков или ложа во-

доема, а также в виде испарения и перетекания в нижележащие водоносные горизонты.

Расстояние от дневной поверхности до уровня (зеркала) грунтовых вод называют *глубиной залегания грунтовых вод*.

Расстояние от кровли водоупорного пласта до уровня грунтовых вод называют *мощностью водоносного горизонта*.

Грунтовые воды наиболее подвержены загрязнению.

2.4.4. Артезианские и глубинные воды

Артезианские воды – это напорные подземные воды, залегающие в водоносных горизонтах между водоупорными пластами; залегают глубже грунтовых вод и имеют стабильный режим деятельности.

Области питания и разгрузки артезианских вод обычно не совпадают.

Напор в артезианских водах создается в основном гидростатическим давлением и весом вышележащих пород (геостатической нагрузкой). При вскрытии артезианского водоносного горизонта скважиной вода поднимается по стволу скважины и может излиться на поверхность при условии, если линия напора лежит выше поверхности (уровня) земли.

Артезианские воды менее подвержены загрязнению, чем грунтовые.

Артезианскими бассейнами называют гидрогеологические структуры синклинального типа, которые содержат один или несколько водоносных горизонтов напорных вод.

Глубинные воды – это расположенные на больших глубинах напорные подземные воды.

2.4.5. Движение подземных вод

Под влиянием капиллярных сил, силы тяжести и градиентов гидростатического давления подземные воды приходят в движение, которое различается в зоне аэрации и насыщения.

В *зоне аэрации* атмосферные осадки и поверхностные воды проникают в грунт, это называется *просачиванием (инфильтрацией)*, бывает *свободное просачивание* и *нормальная инфильтрация*.

В первом случае движение воды происходит в грунте вертикально вниз под действием капиллярных сил и сил тяжести в виде изолированных струек по капиллярным порам и отдельным канальцам, при этом пористое пространство грунта остается ненасыщенно водой, в нем сохраняется движение атмосферного воздуха, что исключает влияние гидростатического давления на движение воды.

Во втором случае движение воды происходит сплошным потоком под действием силы тяжести, градиентов гидростатического давления и капиллярных сил, при этом поры грунта полностью заполнены водой.

Инфильтрационная вода может достичь уровня грунтовых вод и вызвать его повышение или остаться в зоне аэрации в виде капиллярно подвешенной воды.

В *зоне насыщения* свободная (гравитационная) вода под действием силы тяжести и гидростатического давления по порам и трещинам грунта перемещается (*фильтруется*) в сторону уклона поверхности водоносного горизонта (уровня грунтовых вод) или в сторону уменьшения напора.

Движение свободной (гравитационной) воды как при нормальной инфильтрации в зоне аэрации, так и при фильтрации в зоне насыщения (в мелкопористых грунтах), является ламинарным и подчиняется законам гидравлики при ламинарном движении.

Коэффициент фильтрации характеризует водопроницаемость грунтов, он зависит от количества и размера пор и свойства фильтрующей жидкости. Коэффициент фильтрации всегда равен скорости фильтрации при гидравлическом уклоне равном единице. Коэффициент фильтрации на практике определяется опытным путем.

Свободную поверхность потока грунтовых вод называют *кривой депрессии (депресссионной кривой)*.

2.4.6. Водный баланс и режим подземных вод

Водные балансы земной поверхности и подземных вод тесно связаны между собой, поэтому их необходимо изучать совместно.

При рассмотрении водных балансов поверхностных и подземных вод принимается идеальная схема взаимодействия составляющих, при которой водообмен подземными водами осуществляется только в пределах водораздела поверхностных вод.

В этом случае выделяем три взаимосвязанных по вертикали элемента – поверхность, зону аэрации и водоносный горизонт подземных вод.

Исследование участия зоны аэрации и грунтовых вод в формировании баланса речных бассейнов в различных природных условиях показало:

1. Значение зоны аэрации в вертикальном водообмене в речном бассейне весьма велико.
2. В речном стоке существенная доля приходится на подземную составляющую (подземную воду).
3. В величине испарения основная роль принадлежит транспирации.

Водный режим зоны аэрации определяется режимом поступления в нее инфильтрующихся вод после дождя или снеготаяния. Содержание воды в зоне аэрации зависит от режима водного баланса зоны аэрации.

Различают три режима зоны аэрации:

1. Промывной (многолетние наблюдения), при котором потери на десукцию корневой системы и подземное испарение менее общего количества поступающей массы воды.
2. Компенсированный, когда объем поступающей воды равен объему потерь на десукцию и подземное испарение.
3. Испарительный (или выпотный), когда объем поступающей в зону аэрации воды менее объема, расходуемого на транспирацию и подземное испарение, при этом недостаток поступающей воды компенсируется за счет испарения грунтовых вод.

Режим грунтовых вод определяется закономерными пространственно-временными изменениями их запасов и характеристик, включая изменение уровня.

На режим грунтовых вод влияют климатические факторы, определяющие питание грунтовых вод дождевыми или талыми водами, а также гидрологические условия водотоков и водоемов. Важную роль в режиме грунтовых вод играют геологические условия и водно-физические свойства грунтов.

На основные факторы, влияющие на режим грунтовых вод, воздействуют природные многолетние, сезонные и суточные колебания, и это непосредственно отражается на уровне грунтовых вод.

Многолетние колебания уровня грунтовых вод обуславливаются изменением атмосферных осадков и испарения. Наиболее важны сезонные колебания уровней грунтовых вод, так как они имеют четко выраженный зональный характер, что объясняется особенностями питания и расходования грунтовых вод в различных географических зонах России.

На территории России выделены три провинции по режиму грунтовых вод:

1. Кратковременного летнего питания, относится к зоне многолетнемерзлых грунтов.
2. Сезонного питания, в основном весенне-летнего, характеризуется зимним промерзанием зоны аэрации.
3. Круглогодичного питания, преимущественно зимне-весеннего, относится к южным и западным районам России.

Суточные колебания уровня грунтовых вод, имеющих неглубокое залегание, связаны с суточными колебаниями испарения и транспирации; в дневное время уровень грунтовых вод несколько понижается, а ночью повышается.

Специфические колебания уровня, температуры, химического состава характеризуют грунтовые воды, находящиеся вблизи рек, озер, водохранилищ и связанные с ними гидравлически, для них характерны колебания, соответствующие колебаниям уровня воды в водотоке или водоеме.

2.4.7. Практическое значение и охрана подземных вод

Практическое значение подземных вод определяется непосредственным использованием их в хозяйстве, поэтому подземные воды можно рассматривать как полезные ископаемые, наравне с углем, нефтью, газом, рудами.

Запасы и ресурсы подземных вод могут быть подразделены на естественные, искусственные, привлекаемые, эксплуатационные.

Естественные запасы – объем свободной (гравитационной) воды в водоносном горизонте в естественных условиях.

Естественные ресурсы – количество подземных вод, поступающих в водоносный горизонт в естественных условиях, равен сумме всех поступлений водных масс на баланс данного водоносного горизонта.

Искусственные запасы – объем подземных вод в водоносном горизонте, образовавшийся в результате хозяйственной деятельности человека, орошения или подпора водохранилищ.

Искусственные ресурсы – количество подземных вод, поступающих в водоносный горизонт при фильтрации из каналов, водохранилищ.

Привлекаемые ресурсы подземных вод – количество воды, поступающей в водоносный горизонт при усилении питания подземных вод в процессе эксплуатации водозаборных сооружений.

Эксплуатационные ресурсы – то количество подземной воды, которое может быть получено водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации (и качестве воды) на расчетный срок водопотребления (производительность водозабора).

Важнейшим условием эксплуатации подземных вод является выполнение комплекса экологических требований: ненарушение режима ближайших водотоков, исключение излишнего питания грунтовыми водами почвенно-растительного покрова, соблюдение необходимых природоохранных мер при строительстве и эксплуатации водозаборов и т.д.

Вопросы по второй главе

1. Какие виды воды встречаются в природе?
2. На какие виды подразделяется свободная вода?
3. Особенности капиллярной и гравитационной воды.
4. Что такое пояс насыщения?
5. В каких пределах может колебаться температура подземных вод?
6. Назовите пять видов подземных вод, различаемых в зависимости от температуры.
7. Классификация подземных вод по минерализации (плотному остатку).
8. По каким параметрам классифицируются подземные воды?
9. Какие подземные воды относятся к минеральным?
10. Назовите две группы подземных вод в зависимости от их залегания.
11. Какие подземные воды называются напорными, а какие безнапорными?
12. Где располагается зона аэрации?
13. Какие воды организуются в зоне аэрации?
14. Где располагается капиллярная зона, или капиллярная кайма?
15. Что такое грунтовые воды и где они располагаются?
16. Что такое зеркало грунтовых вод?
17. В каких видах происходит разгрузка грунтовых вод?
18. Что называется глубиной залегания грунтовых вод?
19. Как определяется мощность водоносного горизонта?
20. Какие подземные воды относятся к артезианским бассейнам?
21. Характеристика движения поверхностных вод при свободном просачивании и нормальной инфильтрации.
22. Что характеризует коэффициент фильтрации?
23. Как называется свободная поверхность потока грунтовых вод?
24. Какие факторы определяют режим подземных вод?
25. Сколько провинций грунтовых вод выделено в России?

26. От каких факторов зависит суточное колебание грунтовых вод неглубокого залегания?
27. Назовите виды запасов и ресурсов подземных вод.
28. Как расшифровываются понятия «естественные запасы» и «естественные ресурсы» подземных вод?
29. Как расшифровываются понятия «искусственные запасы» и «искусственные ресурсы» подземных вод?
30. Что такое эксплуатационные ресурсы подземных вод?

ГЛАВА 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИИ, ГИДРОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

3.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОГЕОЛОГИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рельеф Пермского края определяется расположением его территории в зоне сочленения Русской платформы и складчатого Урала. Около 80 % восточной части региона занято равниной, западная часть региона размещается на горном западном склоне Урала.

В Пермском *Предуралье* имеются обширные низменности со средней высотой 200–300 м над уровнем моря и самостоятельные возвышенности.

Урал на территории Пермского края представлен западным склоном и отдельными фрагментами его центральных осевых хребтов с отметками до 600–800 м. Самые высокие отметки горной области (1469 м – Муравьиный Камень) зафиксированы на крайнем северо-востоке горной части Пермского Урала.

Средняя густота речной сети края составляет 0,5–0,6 и 0,7–0,8 км/км², долины крупных и средних рек имеют довольно широкие поймы и 4–5 надпойменных террас.

Наиболее крупные реки края – Кама, Чусовая, Сытва, Колва, Вишера.

Наиболее крупные водохранилища края – Камское море (создано в 1954 году) и Воткинское водохранилище (создано в 1962 году).

На малых и средних реках построено и эксплуатируется около 400 малых водохранилищ в основном для водоснабжения населенных пунктов.

В восточной части Пермского края широкое распространение получили *карстовые формы* рельефа – воронки (глубиной до 25 м и диаметром более 100 м), рвы и т.д.

Растительность представлена деревьями темнохвойных пород (61,1 %), рядом растут лиственные породы (береза, осина). На юге края произрастают клен, дуб, липа.

Верховые болота располагаются в основном на плоскостных территориях водоразделов, *низинные болота* возникают в местах выхода грунтовых вод.

3.1.1. Геолого-геофизическая изученность территории Пермского края

Территорию Пермского края, как восточной окраины Восточно-Европейской платформы, начали изучать по геологическим составляющим (В.Н. Татищев, 1720–1737 годы), затем была составлена академическая база материалов полезных ископаемых и геологии Урала (П.И. Рачков и др., 1774 год).

К 1917 году Урал был одним из самых изученных регионов России в геологическом отношении.

В последующие годы были созданы и работали специализированные государственные организации и предприятия по изучению и открытию полезных ископаемых. Одновременно велась кропотливая работа по формированию крупномасштабных геологических карт и изучение недр региона.

В шестидесятых годах прошлого века в крае развивалась геология нерудных материалов, которые стали востребованными для строительного производства края.

Начало *гидрогеологической изученности* края датируется первой четвертью прошлого столетия, это связано с исследованием Верхнекамского месторождения солей, а уже со второй половины века основные гидрогеологические работы были направлены на изучение Верхнекамского (соленосного) и Кизеловского (угольного) бассейнов (рис. 12).

В 1959–1964 годах выполняется гидрогеологическая съемка территории в масштабе 1 : 500 000 (А.А. Шимановский и др.). Эти работы позволили выявить общие закономерности, условия залегания, ресурсы и химический состав подземных вод, на базе этих работ были составлены гидрогеологические карты соответствующего состава и масштабности.

С 1963 года на территории края проводятся работы по мониторингу режимов подземных вод, которые выявили состояние и степень загрязнения подземной и поверхностной гидросферы от хозяйственной деятельности человека.

Значительный вклад в изучение подземных вод глубоких горизонтов внесли ПермНИПИнефть и другие институты, в работах они освещают гидрогеологические, гидрогеохимические, гидрогеотермические условия палеозойских отложений нижнего гидрогеодинамического этажа.

По мере накопления фактического гидрогеологического материала выполняются обобщения по подземным водам, что способствует их дальнейшему исследованию.

Наиболее крупное обобщение гидрогеологических исследований выполнено в 1972 году при составлении монографии «Гидрология СССР» (Т. 14).

3.1.2. Гидрогеология Пермского края

По гидрогеологическому районированию 1988 года (рис. 13) западная территория Пермского края (восточная окраина Европейской платформы и Предуральский краевой прогиб) относится к Восточно-Русскому и Предуральскому сложным бассейнам пластовых вод; восточная часть региона (горный Урал) – к Большеуральскому сложному бассейну корово-блоковых (пластово-блоковых и пластовых вод).

Бассейны занимают равнинную часть территории Пермского края.

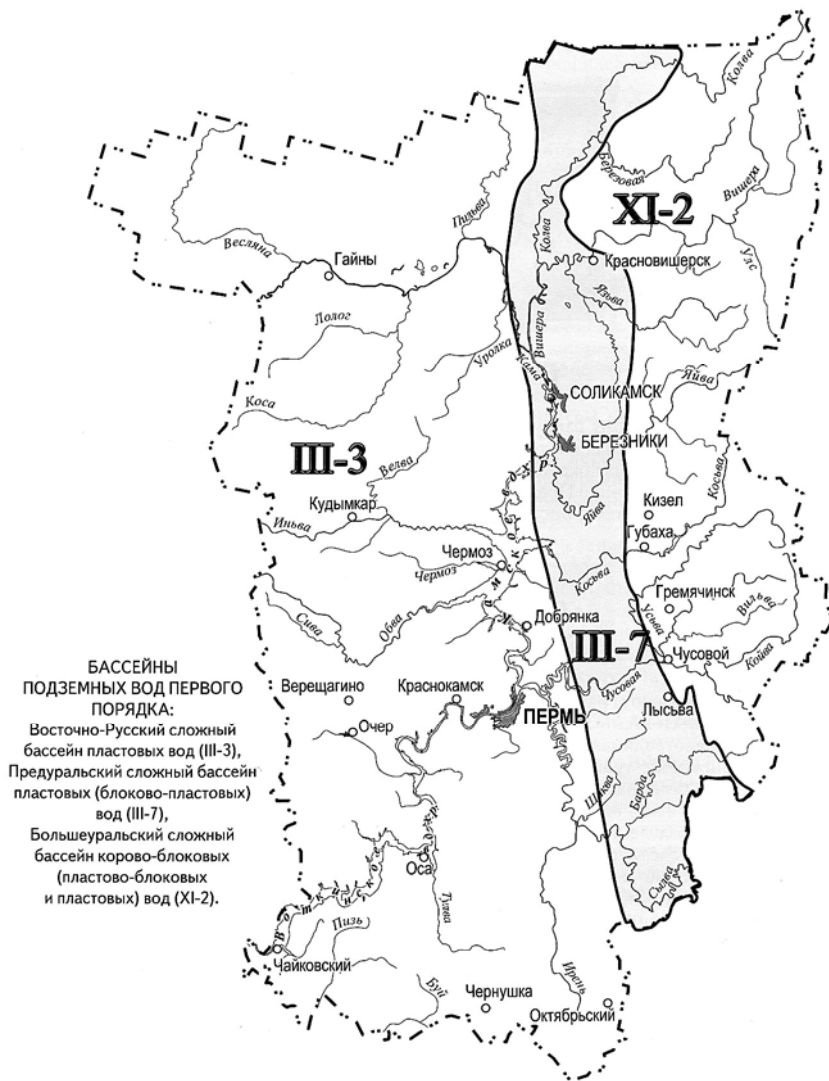


Рис. 13. Схема гидрогеологического районирования территории Пермского края

Восточно-Русский и Предуральский сложные бассейны пластовых вод

Подземные воды приурочены к двум гидрогеодинамическим этажам, границей между которыми является региональный иренский водоупор:

– воды *верхнего* этажа включают гидрогеологические подразделения позднепермского – среднеюрского и четвертичного – возраста, содержащие пресные и солоноватые воды;

– воды *нижнего* этажа связаны венд-нижнепермскими породами осадочного чехла и архейско-нижнепротерозойским кристаллическим фундаментом; повсеместное развитие соленых вод и рассолов.

Верхний гидрогеодинамический этаж характеризуется наличием горизонтов, комплексов, серий и свит, которые по характеру обводненности являются водоносными (слабоводоносными), локально-водоносными (водопроницаемыми или водоупорными) и безводными (Иконников, 1990).

Водоносный локально-слабоводоносный четвертичный аллювиальный горизонт распространен по долинам рек и объединяет аллювиальные четвертичные отложения, представленные песками, гравием, галечниками с прослойками супесей, суглинков, глин, мощностью 5–15 м, в долине р. Камы колеблется от 30 до 50 м и более. На территории широкого развития болот подземные воды имеют пестрый химический состав.

Водоносный локально-водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт распространен на севере Пермского края, связан с флювиогляциальными песками, мощность которых составляет 1–2 м на водоразделах и 10–40 м в основании склонов речных долин.

Воды горизонта используются для водоснабжения поселений.

Водоносный средневерхнеюрский терригенный комплекс распространен на западе и северо-западе региона, объединяет средний и верхний отделы юрской системы, сложен песками, галечниками, песчанистыми глинами с прослойками алевролитов.

Комплекс перспективен для водоснабжения при глубине скважин 100–120 м и дебите до 500 м³ в сутки.

Водоупорный локально-слабоводоносный нижнетриасовый терригенный комплекс развит на западе и северо-западе Пермского края в верховьях р. Иньвы, Косы, Весляны, в разрезе комплекса преобладают глинистые породы. Мощность комплекса 40–140 м, его воды могут быть использованы для водоснабжения.

Слабоводоносный локально-водоносный казанско-татарский алевролитово-песчаниковый комплекс распространен на западе Пермского края в виде меридиональной полосы. В верхней части разреза присутствуют трещинно-грунтовые воды, ниже – трещинно-пластовые – на глубинах 30–70 м. Наибольшая водообильность пород отмечается на участках, приуроченных к трещиноватым зонам, образование которых связано с новейшими тектоническими движениями.

Глубина распространения пресных подземных вод на водоразделах составляет 100–150 м и более, на участках пересечения речных долин с тектоническими структурами глубина подземных вод составляет 20–40 м. Воды этого комплекса могут быть использованы для водоснабжения.

Водоупорный локально-слабоводоносный казанско-татарский комплекс мощностью 100–150 м объединяет глинистые типы разрезов татарских и казанских отложений. Сложен глинистыми породами, подчиненное значение имеют песчаники и алевролиты, залегающие в виде прослоев и линз среди аргиллитов и глин, имеет низкие фильтрационные свойства. Организация водоснабжения для потребителей возможна при благоприятных условиях.

Слабоводоносный локально-водоупорный казанско-татарский терригенный комплекс объединяет казанско-татарские терригенные отложения, залегающие ниже зоны картирования на 100–150 м. Подошва комплекса соответствует подошве казанского яруса и находится на глубине 100–150 м на востоке и до 400 м на западе. Мощность комплекса от 0 до 350 м.

Водоносными породами выступают песчаники, алевролиты, конгломераты, а водоупорами – глины, аргиллиты и другие нетрещиноватые породы.

Подземные воды этого комплекса относятся к типу трещинно-пластовых субнапорных с высокой минерализацией и могут быть использованы как лечебные и лечебно-столовые.

Слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс представлен толщей красноцветных и пестроцветных переслаивающихся в вертикальном разрезе, замещающихся и выклинивающихся по простиранию песчаников, алевролитов и аргиллитов с прослоями и линзами известняков и мергелей. Водоносные породы – песчаники (основные), алевролиты, известняки; характерная особенность разреза – загипсованность.

Трещинно-грунтовые воды часто безнапорные, реже имеют местный напор, глубина залегания от 0 до 65 м.

Трещинно-пластовые воды характеризуются напором.

Пресные воды используются для водоснабжения, минерализованные применяются как лечебно-столовые и лечебные.

Водоносная соликамская терригенно-карбонатная свита на поверхности широко развита в Соликамской впадине. В западном направлении свита погружается под шешминские отложения на глубину 500–600 м и ее мощность меняется от 10–40 м на западе до 300 м и более в Соликамской впадине.

На границах р. Камы и Чусовой, Чусовой и Сылвы, а также на левобережье р. Ирени соликамская свита водопроницаемая локально-водоносная, в местах, где подошва свиты залегает высоко над днищами долин и постилается закарстованными иренскими отложениями, она полностью дренирована и неводоносна (правобережье р. Сылвы у с. Серга).

Свита водообильна, с высоким дебитом родников, в крупных населенных пунктах (Соликамск, Березники) воды свиты загрязнены промышленными и бытовыми отходами, на глубинах 50–100 м преобладают пресные воды, что имеет большое практическое значение для организации питьевого водоснабжения.

Слабоводоносный локально-водоносный уфимский терригенный комплекс развит в северной части края (левые притоки р. Камы), сложен песчаниками, алевролитами, аргиллитами, мергелями,

известняками, доломитами и представлен нерасчлененной уфимской толщей.

Локализация подземных вод определяется геоморфологическими и структурно-тектоническими условиями с рассосредоточенными выходами из заболоченных участков и оснований коренных склонов долин; состав вод с минерализацией.

Водоносная иренская карбонатно-сульфатная серия приурочена к западному крылу пермско-башкирского свода, сложена хорошо выдержанными по площади чередующимися в разрезе гипсово-ангидритовыми известняково-доломитными пачками и содержит карстовые и трещинно-карстовые воды с глубиной залегания 10–45 м (на водоразделах до 70–80 м) и однообразным химическим составом.

Воды иренской водоносной свиты, несмотря на повышенную минерализацию, востребованы как источник водоснабжения в сельскохозяйственных районах Пермского края.

Водоносная кунгурская сульфатно-карбонатная терригенная свита распространена в Предуральском краевом прогибе, по литологическому составу отличается большим разнообразием, связанным со сменой в западном направлении преимущественно песчаниковых отложений кошелевской свиты глинисто-мергельными породами поповской свиты, в разрезе которой появляются прослои и линзы каменной соли.

Мощность свиты более 265 м при крайне неравномерной водообильности по площади и разрезу. Подземные воды свиты используются для водоснабжения небольших населенных пунктов в долинах р. Усолки, Игума, Косьвы.

Водоносный ассельско-артинский терригенный комплекс распространен на восточном крыле Предуральского краевого прогиба и объединяет терригенные фации ассельского, артинского ярусов, представленные песчаниками, аргиллитами с прослоями и линзами конгломератов, известняков и мергелей.

Водоносами выступают прослои и линзы конгломератов, песчаников, мергелей, известняков.

Водоупорами являются глины, алевролиты, нетрещиноватые разновидности песчаников.

Водообильность комплекса зависит от трещиноватости литологического состава и условий залегания пород и используются для водоснабжения малых населенных пунктов.

Водоносная локально-слабоводоносная нижнепермская карбонатная серия объединяет карбонатные породы филипповского горизонта кунгурского яруса, артинского, сакмарского и ассельского ярусов и занимает верхнюю часть верхнекаменноугольно-нижнепермского газонефтеводоносного комплекса, развитого на поверхности в куполе пермско-башкирского свода.

Серия сложена известняками и доломитами и в западном направлении погружается под иренские отложения.

В пределах пермско-башкирского свода серия выходит на поверхность и с ней связан бассейн трещинно-карстовых подземных вод, имеющих двухсторонний сток: на запад к долине р. Ирени, на востоке к долине р. Сылвы и Иргины.

Подземные воды серии используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения при наибольшей водообводненности пород в долинах рек, приуроченных к трещиноватым и закарстованным зонам.

Нижний гидрогеодинамический этаж базируется в зоне затрудненного водообмена палеозойского разреза северо-восточной части Русской платформы, на литолого-стратиграфической основе выделяют водоносные комплексы:

- верхнекаменноугольно-нижнепермский водоносный комплекс карбонатных пород;
- московский карбонатно-терригенный комплекс;
- верхневизейско-башкирский карбонатный комплекс;
- нижнесредневизейский терригенный комплекс;
- верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс;
- средневрхнедевонский терригенный комплекс;

Общие гидродинамические особенности этажа заключаются в гидростатическом изменении пластовых давлений с глубиной, это свидетельствует о гидравлическом единстве всего водонасыщенного разреза.

Повсеместно проявляется местная направленность глубинного стока в виде чередования пьезоаномалий разного знака, при этом преобладают тенденции к восходящему движению рассолов.

Основные гидрогеохимические закономерности глубокозалегающих палеозойских отложений определяются минерально-геохимическим составом среды и условиями гидродинамического воздействия водоносных горизонтов.

Верхнекаменноугольно-нижнепермский водоносный (газо-нефтеводоносный – сокращенно ГНБК) комплекс характеризуется большим диапазоном минерализации и разнообразием подземных вод, что определяется условиями их залегания, воды часто обогащены сероводородом.

Наиболее метаморфизованные и высокоминерализованные рассолы развиты на территории Верхнекамской впадины и Предуралья Краевого прогиба, при этом большую роль в формировании вод комплекса на прогибе сыграли процессы плотностной конвекции рассолов из солеродного бассейна.

Московский газонефтеводоносный комплекс. Его воды изучены в южной половине платформенной части Пермского края и представлены в основном рассолами.

Верхневизейско-башкирский комплекс, подземные воды комплекса повсеместно характеризуются сложной структурой минерализации, которая имеет тенденцию к увеличению метаморфизации в восточном направлении.

Нижнесредневизейский ГНБК распространен в западной части Пермского края, его воды представляют различные рассолы, которые наиболее метаморфизованы в центральных частях Соликамской и Сылвенской впадин, также имеют тенденцию к увеличению метаморфизации в восточном направлении.

Верхнедевонско-турнейский ГНБК распространен в западной части Среднего Предуралья, в целом минерализация и метаморфизация подземных вод комплекса увеличивается в восточном направлении, при этом состав растворенных газов пластовых вод изменяется от метанового и азотно-метанового в восточных районах региона до азотного в западной части Пермского края.

Средневерхнедевонский ГНБК представлен высокоминерализованными и сильнометаморфизованными рассолами. В целом для региона характерна тенденция увеличения минерализации подземных вод в южном направлении, а в пределах Соликамской впадины – в восточном.

Практическое изучение ГНБК связано с нефтегазоносностью региона, наличием промышленных вод, благоприятным размещением полигонов подземного захоронения промышленных стоков и созданием подземных хранилищ газа (ПХГ). ПХГ могут быть размещены в нижнесредневизейском ГНБК.

Полигоны могут быть размещены в верхневизейско-башкирских и верхнедевонско-турнейских отложениях.

Большеуральский сложный бассейн корово-блоковых (пластово-блоковых и пластовых вод)

В Большеуральский сложный бассейн входит восточная горная часть Пермского края, относящаяся к Западно-Уральской зоне складчатости и Центрально-Уральскому поднятию Уральской системы. Подземные воды бассейна связаны с водоносными комплексами зон трещиноватости осадочных, метаморфических, магматических пород начиная от протерозоя до нижней перми.

На территории Пермского края в зоне складчатого Урала определены водоносные комплексы (Шимановский, 1973):

– *Ассельско-артинский терригенный*, расположен вдоль восточного борта Предуральского краевого прогиба, представлен песчаниками, конгломератами, алевролитами, глинами с прослойками известняков и мергелей, возможно использовать для водоснабжения в зонах трещиноватости, имеются родники.

– *Визейско-артинский карбонатный*, находится в пределах Западно-Уральской зоны складчатости, сложен карбонатными породами ассельского, сакмарского, артинского ярусов нижней перми и надугленосной толщи карбона, известняки и доломиты комплекса трещиноваты и закарстованны, подземные воды используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Чусового, Кизела и др.

– *Западно-Уральский спорадически обводненный региональный водоупор*, распространен в Западно-Уральской зоне складчатости, водоносными прослоями выступают песчаники в толще аргиллитов, алевролитов, углистых сланцев. Для целей централизованного водоснабжения не перспективен.

– *Франско-турнейский карбонатный*, распространен в Западно-Уральской зоне складчатости и Центрально-Уральском поднятии, представлен известняками турнейского, фаменского и франского ярусов, подчиненными маломощными прослоями обломочных пород, к этому комплексу могут быть отнесены известняки среднего девона (бийский и койвинский горизонты). Воды комплекса используются в виде кооптированных источников и скважин в Гремяченске, Коспаше, Кизеле.

– *Девонский терригенный*, развит в Западно-Уральской зоне складчатости и Центрально-Уральском поднятии, представлен песчаниками, аргиллитами, алевролитами, конгломератами, глинистыми и кремнистыми сланцами среднего и нижнего девона. Для целей водоснабжения комплекс перспективы не имеет.

– *Ордовикско-силургийский карбонатный*, развит в пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия, водоносные породы представлены известняками ордовика и силура, известняки интенсивно, но неравномерно закарстованы и содержат трещинно-карстовые воды, которые используются для водоснабжения из кооптированных родников.

– *Ордовикско-силургийский терригенный*, развит в пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия, сложен песчаниками, аргиллитами, алевролитами, конгломератами, глинистыми и кремнистыми сланцами ордовика и силура. Для целей водоснабжения не перспективен.

– *Протерозейско-нижнепалеозойский терригенно-карбонатный*, включает нерасчлененные толщи нижнего палеозоя и протерозоя Центрально-Уральского поднятия и Западно-Уральской зоны складчатости, сложен песчаниками, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, углисто-глинистыми сланцами, эффузивами, филлитами. Подзем-

ные воды комплекса практически не используются для нужд водопотребления.

– *Магматических пород*, распространен в Центрально-Уральском поднятии и связан с нижнепалеозойскими интрузивными телами различного состава, выявлен на незначительных площадях. Использование для водоснабжения не перспективно.

3.2. ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Интерес к подземным водам Пермского края стал проявляться еще в позапрошлом веке в связи с разработкой полезных ископаемых.

По устройству поверхности и структурно-тектоническим признакам на территории Пермского края, на границе Европы и Азии, в виде меридиональной полосы лежит собственно Уральская горноскладчатая страна, которая характеризуется разнообразием и богатством полезных ископаемых, высокоразвитой горнодобывающей, металлургической и машиностроительной промышленностью.

Гидрогеологические исследования проводились как в процессе разведки, так и в период эксплуатации месторождений, которые давали фактический материал и основную информацию о подземных водах.

Индустриальное развитие Урала и Пермского края ставит особые условия гидрогеологическим исследованиям и выводам специалистов по особенностям региона в выявлении и использовании подземных вод.

3.2.1. Геология и гидрология Пермского края

Территориально Пермский край расположен в предгорьях древнейших складчатых гор планеты – Уральских гор, образованных примерно 2,5–3 млрд лет назад, они почти родственники старейшим горам нашей страны, расположенным на Кольском полуострове. К примеру, Кавказские молодые горы насчитывают всего до 10 млн лет с момента образования.

Уральские горы произошли от столкновения двух платформ и относятся к складчатым образованиям. За годы существования они подвергались разрушению, выветриванию и другим воздействиям, а территории, примыкающие к ним, имеют сложную структуру с очень неоднородными горными образованиями.

Практически на территории Уральских гор найдены все встречающиеся на планете минералы и полезные ископаемые: уголь, нефть, соли, золото, алмазы и многое другое.

Это еще раз характеризует наш край как кладовую страны, а если добавить лес, то мы обеспечиваем страну материальными ресурсами, которых в других регионах просто нет, эта роль края неопределима.

Географическое расположение Пермского края на границе Азии и Европы делает его востребованным в качестве транспортной зоны, соединяющей Сибирь и Центральную часть России.

Горные породы, водоносные и водоупорные горизонты, составляющие Пермский край, очень своеобразны.

Гидрогеологическая карта Урала

На Уральском горном массиве имеется сорок пять водоносных и водоупорных комплексов:

1. Наличие на Урале шестнадцати водоносных и водоупорных комплексов указывает на неординарность геологического строения этих древнейших гор планеты. Вот некоторые из этих комплексов:

– четвертичные аллювиальные отложения, состоящие из песков, гравия, галечников с прослойками глин;

– отложения средневерхнего олигоцена, состоящие из песков с прослойками глин;

– нерасчлененные мезозойские отложения – конгломераты, песчаники, известняки с прослойками глин;

– отложения нижне-верхнего и верхнего мела – пески, песчаники, переслаивающиеся с алевролитами и аргиллитами;

– угленосные отложения триары-юры – пески, песчаники, конгломераты, пласты и прослойки угля, переслаивающиеся с глинами, аргиллитами и алевролитами;

– отложения казанского и татарских ярусов – песчаники, мергели, известняки, конгломераты;

– отложения иренской свиты и артинского – кунгурского ярусов – гипсы, известняки, ангидриты, доломиты

2. На Уральских горах выявлено двадцать девять зон трещиноватости разных геологических эр и эпох, например:

– отложения среднего карбона – артинского яруса нижней перми (верхняя обводненная толща) – известняки, мергели, доломиты;

– угленосные отложения нижнего карбона – песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами угля;

– отложений силура и нижнего девона – известняки, доломиты, мергели, песчаники, местами переслаивающиеся с глинистыми сланцами, аргиллитами и алевролитами;

– отложения кембрия (косьвинская и ашинская свиты) – песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, сланцы глинистые и песчано-глинистые с прослойками известняка.

Рассмотренные сочетания песчаников, алевролитов, аргиллитов, известняков и других отложений дают четкое понятие о сложности приуральского геологического строения региона Пермского края.

Пермский край имеет насыщенную структуру поверхностных вод, по территории края протекают полноводные реки Кама, Чусовая, Вишера. Речные долины в пределах края врезаны не глубоко и имеют значительную ширину, достигающую 10–15 км. Продольные уклоны рек не велики, течение не превышает 3–4 км/ч, русла рек сильно извилисты, а долины имеют старицы и заболоченности.

Кроме крупных рек имеется широко разветвленная сеть мелких рек и речушек, которых насчитывается по краю около 30 тыс., более 1400 озер и искусственных водохранилищ.

В начале прошлого века на территории Пермского края насчитывалось несколько сот мельничьих запруд, многие из которых в настоящее время восстанавливаются.

Гидрография Пермского края

Уральский хребет дает начало многочисленным рекам, которые образуют чрезвычайно развитую гидрографическую сеть, принадлежащую бассейнам Каспийского и Карского морей.

Кама, входящая в состав Волжского бассейна, проходит по территории края несколько сот километров и питает в настоящее время Камское и Воткинское водохранилища.

Основным фактором, влияющим на характер водности рек Урала, является Уральский горный хребет, который создает естественную преграду влажным западным ветрам, что заставляет большинство атмосферных осадков задерживаться на западных склонах гор, из-за чего речная сеть этого склона является более многоводной и более густой.

Так, коэффициент густоты бассейна р. Косьвы (протекающей в Пермском крае), находящейся на западном склоне Урала, составляет $0,21 \text{ км/км}^2$, а р. Тура (восточный склон), равная по многоводности р. Косье, имеет коэффициент густоты только $0,13 \text{ км/км}^2$.

Стекая с восточного склона Уральских гор, реки пересекают зону предгорий и вступают в равнины Пермского края, где речная сеть развита значительно слабее.

Русло Камы, основной реки края, до образования Камского моря и Воткинского водохранилища было очень подвижное и неустойчивое – образовывало излучины и старицы.

Правый берег чаще крутой, левый представляет пойменную долину, часто заболоченную. Там где коренные берега сближаются на некоторое расстояние, сегодня на территории Пермского края построены гидроэлектростанции – Камская и Воткинская ГЭС.

Главный сток вод в Каму и теперь в Камское море происходит от р. Вишеры, Яйвы, Косьвы, Чусовой и Сылвы, Обвы и Иньвы.

Общая закономерность по количеству стоков установлена: чем севернее расположены река, тем большее количество воды она приносит в водохранилище Камской ГЭС.

Искусственные водоемы создавались ранее для хранения запасов воды, обеспечивающих работу производственных предпри-

тий. Это, в первую очередь, Мотовилихинский пруд в Перми, система из двух прудов в пос. Юг, Полазненский и Чермозский пруды и многие другие.

Почвенно-растительный покров Пермского края в основном представлен подзолисто-таежными лесными зонами, покрытыми до вырубок в основном елово-пихтовыми лесами на севере и центре края, на юге лиственными с незначительным количеством дубовых рощ. После вырубок деловой древесины вместо хвойных пород деревьев произрастают лиственные леса.

3.2.2. Основы геологического строения территории Пермского края

Территория Урала относится к складчатым зонам. Она выделяется на всех геоморфологических картах России как вытянувшийся пояс от границ Северного Ледовитого океана до 47° ю.ш. Значительная часть этой территории принадлежит Пермскому краю.

Мощность складок осадочных пород на Урале очень велика и составляет от нескольких сот метров до десятка километров.

Стратиграфия Пермского края

Принятая в настоящее время схема стратиграфии Урала рассматривает структуру территории региона, в том числе и территорию Пермского края:

1. Нижний докембрий – установлен на западном склоне Урала, мощность не менее 2000 м. Представлен кристаллическими сланцами, гнейсами, кварцитами.

2. Верхний докембрий – менее развит, на западном склоне Среднего и Северного Урала, мощность до 10–15 км. Представлен доломитами, песчаниками, известняками.

3. Кембрий – на западном склоне Урала и Предуралье (алевролиты и аргиллиты), мощность 800–1600 м.

4. Ордовик – отложения ордовика установлены на всем протяжении западного склона, мощность достигает 2000–2600 м. Представлен известняками, доломитами, глинистыми сланцами и т.д.

5. Силур – на западном склоне известняки, доломиты, реже мергели, мощность от 100 до 400 м.

6. Девон – в большинстве районов западного склона Урала и в прилегающей части Предуралья, мощность 150–350 м. Представлен глинистыми известняками, мергелями, аргиллитами, глинистыми сланцами.

7. Карбон – сложная система горных образований, мощность 120–250 м с увеличением в восточном направлении. Представлен аргиллитами, алевролитами, песчаниками, известняками.

8. Пермь – отложения развиты на западном склоне Уральских гор и характеризуются быстрой сменой фаций в направлении с востока на запад, обусловленной их накоплением в период формирования Уральской горной страны и Предуральского краевого прогиба. Вследствие миграции прогиба с течением времени в западном направлении в геологических разрезах наблюдается наложение друг на друга разных зон. Мощность в разных районах от 200 до 600 м. Представлен алевролитами, известковыми песчаниками, мергелями, глинистыми сланцами.

Тектоника Пермского края

По особенностям геологического строения и типу структур, по времени и истории формирования этих структур, а также по характеру и составу слагающих пород на Урале в границах Пермского края выделено несколько крупных геоструктурных зон, протягивающихся в меридиональном направлении.

Самое западное положение в системе этих зон занимает восточная часть Русской платформы. Здесь на кристаллическом фундаменте залегает комплекс платформенных осадков, в составе которого выделяются отложения верхнего протерозоя и среднего и верхнего палеозоя, от среднего девона до нижней перми.

Указанные отложения залегают почти горизонтально, образуя весьма пологие структуры платформенного типа, южнее располагается Верхнекамская мегавпадина, затем Камско-Башкирское поднятие.

Суммарная мощность этого осадочного чехла составляет от 2,5 до 6 км.

Следующей геоструктурной зоной выступает Предуральский краевой прогиб, который отделяет Уральский складчатый пояс от Русской платформы, общей мощностью от 3,5 до 7 км.

К востоку от Предуральского прогиба располагается Западно-Уральская зона линейной складчатости, сложенная отложениями в возрастном интервале от кембрия до нижних ордовика и перми включительно.

В области Среднего Урала от г. Чусового Пермского края до г. Усть-Катава Свердловской области простирается огромный, обращенный на восток, выпуклый массив, носящий название Уфимский амфитеатр.

Еще восточнее от Предуральского прогиба в водораздельной зоне Уральских гор находится Центральное Уральское древнее поднятие, которое является сложным сооружением и включает в себя ряд крупных антиклинальных структур.

Основные черты истории геологического развития территории Пермского края

Уральская палеозойская геосинклиналь возникла в позднем докембрии на разрушенном кристаллическом основании, составляющем до того единое целое с фундаментом Русской платформы, и просуществовала до позднего палеозоя.

Развитие геосинклинали протекало в два полных тектономагматических цикла, длившиеся сотни миллионов лет.

Геоморфологический очерк Пермского края

На формирование современного рельефа Пермского края повлияли факторы, которые характерны для регионов складчатых горообразований.

Для горно-складчатого Урала это геолого-структурные факторы и в меньшей степени – климатические.

Рельеф Пермского края в целом можно отнести к структурно-литоморфному типу. Для него характерна приуроченность высоких ярусов горного рельефа к положительным геологическим структурам – породам преимущественно допалеозойского и палеозойского возраста. В составе этих пород широко представлены мощные толщи плотных кварцитов, кварцитовых сланцев, изверженные породы.

Более низкие ярусы горного рельефа и наиболее глубокие межгорные депрессии характеризуются менее устойчивыми к выветриванию породами – песчаниками, глинистыми сланцами и т.п.

Большое значение для формирования рельефа имеет наличие шарниров основных складчатых структур Урала. Это характерно для Среднего Урала, где средняя высота составляет 300–400 м.

Особенностью Уральских гор является своеобразное размещение линии водораздела западного и восточного склонов гор.

Местами эта линия отходит от оси горной системы, но в основном совпадает и четко делит стоки гор на западные и восточные.

3.2.3. Особенности гидрогеологии Пермского края

История гидрогеологических исследований на Урале

Со времен Петра I Урал был одним из основных горнодобывающих районов страны. Это обуславливало развитие гидрогеологии, исследования проводились одновременно с разведкой полезных ископаемых. Так, вопросы шахтной гидрогеологии играют значительную роль в общем комплексе гидрогеологических работ в регионе. С горнодобывающей промышленностью связана организация изучения режима подземных вод, которая была необходима на рудниках, имеющих подземное обводнение.

Заселение Урала шло по пути возможного использования рек для получения энергии и в качествах транспортных путей перемещения генеральных грузов.

Позднее подземные воды стали использовать для водоснабжения населения.

Особое значение изучение гидрогеологических режимов подземных вод приобрело в первой половине прошлого века, когда на предгорьях Урала стала формироваться промышленная база страны, получившая мощное ускорение во время Второй мировой войны, когда промышленность западных и центральных районов была перебазируется на Урал, и в последующие годы восстановления хозяйства страны.

В это время были созданы многие научно-исследовательские управления, организации, тресты, которые взялись целенаправленно изучать гидрогеологические особенности не только Пермского края, но и всего Уральского региона.

Изучение режимов подземных вод было начато в Пермском крае в 1934 году в Кизеловском угольном бассейне, тогда была организована карстовая станция, в задачи которой входило изучение закономерностей притоков воды в горные выработки.

Позднее была создана Пермская гидрологическая станция, работающая до настоящего времени по сокращенной программе.

Особое внимание в Пермском крае уделялось и уделяется инженерно-геологическим, инженерно-гидрогеологическим изысканиям и исследованиям, обеспечивающим строительство промышленных сооружений в Предуралье.

Изучение гидрогеологии минеральных вод Пермского края позволило организовать всероссийский курорт на базе выявленных йодо-бромных вод – здравницу «Усть-Качку», курорт местного значения на базе сероводородных вод – «Ключи».

В настоящее время большое значение приобретает охрана подземных вод от промышленного загрязнения.

Не секрет, что многие промышленные предприятия в целях экономии не только сбрасывают свои отходы в поверхностные водные источники, но и используют недействующие скважины для утилизации своих отходов без должной очистки. Такие действия приводят к загрязнению водоносных горизонтов и территорий разгрузки подземных вод.

Особое внимание должно быть уделено разного рода шламотстойникам, шламонакопителям и прочим гидросооружениям, созданным для хранения недегазированных отходов производства.

Подземные воды Пермского края. Основные закономерности распространения подземных вод Урала

На рассматриваемой территории (рис. 14) располагаются части двух крупных структурно-геологических и геоморфологических регионов восточной окраины Русской платформы и горноскладчатого Урала.

Западная часть Предуралья входит в систему Русских артезианских бассейнов и принадлежит восточной окраине Восточно-Русского бассейна.

Для восточной окраины Пермского края, расположенного на окраине Восточно-Русского артезианского бассейна, характерны платформенные условия формирования подземных вод в толще (более 2000 м) осадочных пород палеозоя, залегающих со слабым уклоном в западном направлении.

Водоносные горизонты и их комплексы к западным границам Пермского края имеют поэтажное строение и отделяются друг от друга водоупорными слоями достаточной мощности.

По условиям взаимосвязи этих водоносных горизонтов и комплексов с поверхностью в пределах бассейна можно выделить две гидродинамические зоны: *верхнюю*, в которую входят все горизонты и комплексы пермских отложений, так или иначе связанных с поверхностью в пределах артезианского бассейна, и *нижнюю*, включающую более древние горизонты и комплексы, которые практически утратили связь с поверхностью и характеризуются застойным режимом существования.

На территории Пермского края четко выделяются (см. рис. 14):

1. Восточная окраина Волго-Камского артезианского бассейна (*I*).
2. Центральная горноскладчатая часть Уральской системы бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости (*II*).
3. Зауральская часть территории, которая является западной окраиной Западно-Сибирского артезианского бассейна (*III*).

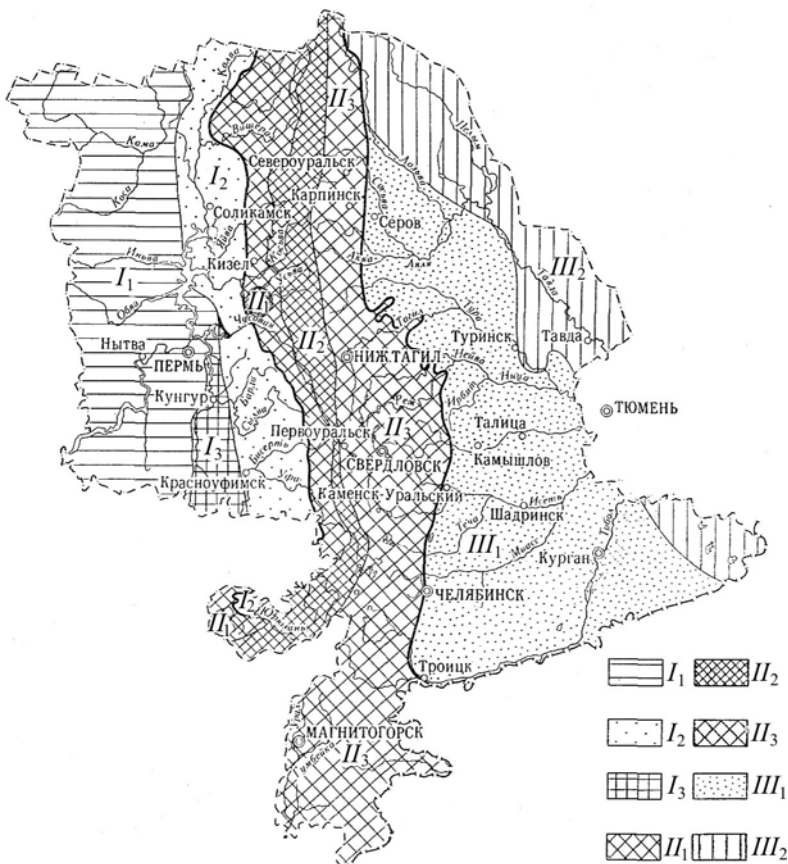


Рис. 14. Схема гидрогеологического районирования Урала: бассейны первого порядка, выделенные на схеме гидрогеологического районирования СССР: *I* – восточная окраина Восточно-Русского артезианского бассейна; *II* – Уральская система бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости; *III* – западная окраина Западно-Сибирского артезианского бассейна; бассейны второго порядка: *I*₁ – восточная окраина Волго-Камского артезианского бассейна; *I*₂ – Предуральский артезианский бассейн; *I*₃ – раскрытый бассейн трещинно-карстовых вод пермско-башкирского свода; *II*₁ – бассейны грунтовых вод зон трещиноватости в породах верхнего и среднего палеозоя Западно-Уральской зоны складчатости; *II*₂ – бассейны грунтовых вод зон трещиноватости в породах нижнего палеозоя и протерозоя Центрально-Уральского поднятия; *II*₃ – бассейны грунтовых вод зон трещиноватости в породах среднего и нижнего палеозоя восточного склона Урала; *III*₁ – Тобольский артезианский бассейн; *III*₂ – часть Западно-Сибирского артезианского бассейна в пределах Ханты-Мансийской впадины

Особенностью Волго-Камского артезианского бассейна является развитие наиболее полного гидростратиграфического разреза пермских отложений. Все водоносные горизонты и комплексы достаточно четко ограничены водоупорными толщами и сравнительно выдержаны по площади бассейна.

В области выхода на поверхность они содержат пресные воды, но по мере погружения водоносного горизонта, в западном направлении, они начинают минерализоваться и постепенно превращаются в рассолы.

Предуральский артезианский бассейн, в отличие от Волго-Камского, в верхней гидродинамической зоне сложен из нижнепермских неустойчивых осадочных пород, содержит сложную систему водоносных пластов и линз в среде водоупорных толщ, но в той или иной форме связанных гидравлически между собой.

Вследствие этого водоносные горизонты и комплексы не имеют регионального развития, поэтому в отдельных местах бассейна водоносность стратиграфических горизонтов различна.

В этом артезианском бассейне на относительно небольшой глубине возможно встретить рассольные воды.

В раскрытом бассейне пермско-башкирского свода на поверхность выведены кунгуро-артинские гипсоангидритовые и карбонатные осадки, которые характеризуются значительной закарстованностью. В связи с этим здесь существует водообмен и подземные воды могут быть пресными или с несколько повышенной минерализацией.

Распространение подземных вод на территории Центрального горно-складчатого региона Урала, в том числе Пермского края, типично для системы артезианских бассейнов, приуроченных к геосинклинальным фазам развития. В процессе длительного геологического развития первоначальные осадочные породы неоднократно подвергались интенсивному воздействию орогенических движений, они смяты в складчатые структуры, претерпели метаморфизм. Как следствие, первичные коллекторные свойства этих пород, сформировавшихся в результате процессов литификации морских и конти-

ментальных осадков, были полностью утрачены и возникли вновь лишь в верхних горизонтах земной коры, под воздействием выветривания и позднейших тектонических движений в виде трещиноватости пород, которую можно разделить на два вида.

Первый вид трещиноватости, глубиной от 30 до 100 м, развивался с поверхности.

Второй вид трещиноватости, глубиной 150–200 м, возник в зонах несогласных контактов разнородных пород из-за глубокого выветривания этих пород.

В связи с данной трактовкой подземные воды на Урале приурочены исключительно к зонам трещиноватости, а их водообильность зависит от степени развития трещиноватости породы.

Характерно, что подземные воды зон трещиноватости обычно гидравлически могут быть связаны между собой и имеют безнапорный характер, образуют небольшие бассейны с интенсивным водообменом, что определяет развитие ультрапресных и пресных вод.

Бассейны грунтовых вод Западно-Уральской зоны складчатости, где располагается территория Пермского края, обладают типичными чертами областей геосинклинального развития, с сохранением отдельных элементов платформенных условий.

Наряду с преобладающим распространением подземных вод зон трещиноватости в Пермском крае наблюдается этажное расположение водоносных толщ, разделенных стратиграфически выдержанными водоупорными горизонтами. Эта особенность связана с меньшей напряженностью складчатости по сравнению с другими частями Уральских гор, что объясняется наличием водообильных трещинно-карстовых вод.

Складчатые структуры фундамента в покровной толще осадков Пермского края непосредственно не проявляются, но они играют основную роль в формировании рельефа фундамента, который совместно с новейшими тектоническими движениями предопределяет изменчивость фациальных условий накопления осадков и образования системы этажности расположенности водоносных горизонтов и комплексов края.

Восточная окраина Восточно-Русского артезианского бассейна в пределах территории Пермского края

Восточная окраина Восточно-Русского артезианского бассейна сложена мощной толщей разнообразных осадочных пород среднего и верхнего палеозоя, залегающих со слабым уклоном на запад, неоднородных по литологическому составу.

Для отдельных районов Пермского края характерна большая пестрота в литологическом составе, с частыми замещениями водоносных пород на безводные в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Стратиграфические толщи, обладающие сравнительно одинаковой водоносностью, объединяются в водоносные комплексы, имеющие единую гидравлическую систему подземных вод, и выделяются как водоносные горизонты.

Нередко на отдельных участках водоносных горизонтов и комплексов вследствие горных процессов или процессов выветривания водоносные отложения замещаются безводными слоями горных пород. Среди безводных пород встречаются водоносные породы в виде отдельных линз и прослоев – без видимой закономерности в их размещении.

Такие подземные воды локализованных участков имеют спорадическое распространение и выделяются на гидрогеологической карте, соответствующих схемах и в текстовом сопровождении.

Спорадический характер подземные воды Пермского края имеют также в водоносных горизонтах в случаях дренирования их речной сетью или нижележащими водоносными отложениями и сохранились лишь в местах над водоупорами.

Гидрогеологическое расчленение стратиграфического разреза платформенных артезианских бассейнов легло (в том числе) в основу схемы гидрогеологического районирования.

В пределах восточной окраины Восточно-Русского артезианского бассейна выделены водоносные комплексы:

- 1) аллювиальных речных отложений;
- 2) отложений татарского яруса;

- 3) казанского яруса – белебеевская свита;
- 4) верхнеуфимского подъяруса – шешминская свита;
- 5) иренская свита;
- 6) кунгурского яруса – поповская, кошелевская, лекская свиты;
- 7) ассельско-артинского и артинского ярусов – чигишанская, копысовская, белокатайская, биссерская, урминская свиты;
- 8) визейского яруса;
- 9) турнейского яруса;
- 10) кембрия – нижнего девона – бавлинская свита.

Тектоническая схема восточной окраины Восточно-Русского артезианского бассейна представлена на рис. 15.

Водоносные горизонты Восточно-Русского артезианского бассейна:

- 1) отложения нижнеуфимского подъяруса – соликамская свита;
- 2) артино-кунгурского яруса;
- 3) среднего-верхнего карбона – мячковский и подольский горизонты;
- 4) среднего карбона – каширский и верейский горизонты;
- 5) башкирского яруса;
- 6) визе-намюрского яруса – окский, серпуховский и тульский горизонты;
- 7) визейского яруса;
- 8) карбонатные отложения верхнего девона;
- 9) терригенные отложения среднего девона;
- 10) карбонатно-терригенные отложения среднего девона.

Среди водоносных горизонтов и комплексов встречаются воды:

- 1) четвертичных озерно-болотных и флювиогляциальных отложений;
- 2) отложений татарского яруса;
- 3) нижнеуфимского подъяруса;
- 4) иренской свиты.

В условиях выделения артезианских бассейнов второго порядка стратиграфические водоносные горизонты и их комплексы верхней гидродинамической зоны, которые охватывают полностью

толщ пермских осадочных пород, либо оказываются приуроченными к структурам татарского, шешминского, белебеевского водоносных комплексов Волго-Камского бассейна, либо резко меняют свой литологический состав и условия водоносности, образуя совершенно новые водоносные и водоупорные горизонты и комплексы – соликамский, иренский, артино-кунгурский горизонты.

Некоторая экстерриториальность водоносности и водоупорности горизонтов наблюдается в Пермском крае лишь среди образований четвертичных отложений, которые непосредственно связаны с геологическими структурами Восточно-Русского артезианского бассейна.

Нередко с этими структурами связаны крупные разломы, проникающие на значительную глубину и нарушающие целостность водоупоров, что вызывает поднятие высокоминерализованных хлоридных и сульфатных вод глубоких горизонтов.

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений имеется на северо-западе Пермского края, где его слагают широкие (до 10 км) речные долины.

Аллювий представлен гравием, галькой, песком, суглинком, глиной и аллювиальными отложениями мощностью до 60 м. Такие участки выявлены в долине р. Камы у Соликамска и Березников. Фильтрационные свойства аллювия зависят от гранулометрического состава, а грунтовые воды этих отложений отличаются повышенной минерализацией и разнообразием составов.

В местах подтока минерализованных вод глубоких горизонтов повышается минерализация и появляются сульфатные и даже хлорные натриевые воды. Такие участки установлены на р. Каме в районе Краснокамска и Перми, где подъем этих вод происходит по трещинным зонам, которые связаны с Краснокамско-Полазненским валом, в районе Березников и Соликамска – Шумковского месторождения каменной соли в долинах р. Бардымы, Рассохи, Яйвы, Асовки и др.

Воды спорадического распространения в четвертичных аллювиальных и флювиогляциальных отложениях, последние в виде

четвертичных озерно-болотных отложений, мощностью от 1–2 до нескольких десятков метров, широко распространены на севере Пермского края.

Мощность водонасыщенной части отложений обычно колеблется от 1 до 1,5 м, водоупорами служат глины или коренные породы. При использовании этих подземных вод в целях водоснабжения следует учитывать их легкую загрязняемость за счет подтока глубинных рассолов.

Водоносный комплекс татарского яруса (рис. 16) выходит на поверхность на западной части Пермского края, на севере края он занимает небольшие площади. К западу водоносный комплекс татарских отложений погружается, он перекрыт мезозойскими отложениями и мощным чехлом флювиогляциальных отложений на северо-западе территории. Мощность татарского яруса увеличивается в западном и юго-западном направлениях, где он достигает 300 м.

Водообильность пород татарского яруса неравномерна и зависит от литологии и степени трещиноватости, при этом наиболее водообильные скважины расположены в трещиноватых зонах, где имеются крупные родники (в д. Березово, Пурги, Рогали Пермского края).

Водоносный комплекс отложений казанского яруса – белебеевская свита (рис. 17) прослеживается на поверхности Пермского края в меридиональном направлении полосой шириной 30–50 км, мощность белебеевской свиты – от 100 до 230 м. К западу комплекс перекрыт породами татарского яруса, а его водоносность определяется только по скважинам.

Белебеевский водоносный комплекс обладает различной водообильностью, дебит родников из песчаников составляет 0,5–1,0 л/с, а в трещинных зонах – 50–60 л/с.

В районе г. Очера и Кудымкара скважины имеют дебит 1,3–1,5 л/с, в основном они имеют достаточный дебит подземных вод белебеевского комплекса и широко используются для питьевых и хозяйственных нужд.

Водный комплекс отложений верхнеуфимского подъяруса – шешминская свита (рис. 18). Основное распространение этот водо-

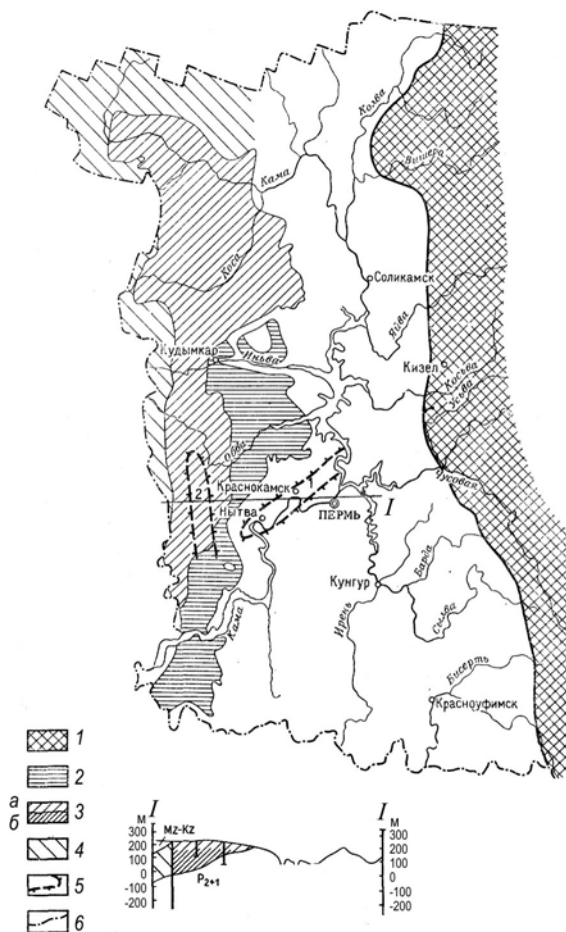


Рис. 16. Схема распространения водоносного комплекса отложений татарского яруса: 1 – район распространения грунтовых вод зон трещиноватости складчатого Урала; 2 – район пресных гидрокарбонатных кальциевых вод спорадического распространения в породах татарского яруса; 3 – район выхода водоносного комплекса на поверхность; 3, а – воды пресные, гидрокарбонатные кальциевые, ненапорные; 3, б – воды пресные, гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные натриевые, слабонапорные; 4 – район распространения водоносного комплекса в породах татарского яруса, перекрытого мощными мезо-кайнозойскими отложениями; воды напорные, соленые, сульфатного и хлоридного состава; 5 – районы повышенной водообильности и подъема глубинных сульфатных и хлоридных соленых вод в пределах валов: Краснокамско-Полазнинского (1), Очерского (2); 6 – границы Пермского края

носный комплекс имеет в Волго-Камском артезианском бассейне, частично заходит в Предуралье. Водоносы – песчаники, алевролиты, мергели, реже известняки, водоупоры – глины, алевролиты, нетрещиноватые – разного вида песчаники и известняки.

Фациальная изменчивость пород не позволяет выделить отдельные водоносные горизонты, поэтому шешминские отложения рассматриваются как водоносный комплекс с развитыми трещинно-грунтовыми и трещинно-пластовыми водами. Исключение составляет Верхнекамское месторождение солей, в пределах которого выделено две водоносные толщи – пестроцветная, в которой обводнены аргиллиты, алевролиты, и известково-песчаниковая.

Подземные воды шешминского горизонта в зоне активного водообмена широко используются для водоснабжения при небольшой глубине их залегания и невысокой минерализации.

Водоносный горизонт отложений нижеуфимского подъяруса – соликамская свита (рис. 19). Горизонт сложен из толщ плитчатых глинистых мергелей, известняков, песчаников с прослойками глин, алевролитов, встречаются гипсы и ангидрит. Мощность соликамских отложений колеблется от 60 до 150 м. В пределах Предуральского прогиба этот горизонт выходит на поверхность в виде прерывистой полосы шириной от 15 до 20 км, в пределах Волго-Камского артезианского бассейна горизонт погружается в западном направлении под более молодые отложения с уменьшением мощности до 20–30 м и замещением тирригенных пород гипсами и ангидритами, переходящими в региональный водоупор.

Соликамские отложения в районе выхода на поверхность обводнены неравномерно. Наряду с водообильными встречаются безводные участки в районах, где имеется наибольшая мощность и высокое расположение над уровнем рек и где они подстилаются сильно закарстованной иренской свитой из гипсоангидритной породы, которая дренирует вышележащие слои.

Такие условия сложились в районе Левшино, на водоразделах р. Бабки и Ирени, Бабки и Сылвы, а также на правом берегу р. Сылвы.

Воды нижнеуфимского подъяруса встречаются над прослойками глин или аргиллитов среди проницаемых соликамских отложений. Они обнаружены в Полазне, Добрянке и на водоразделе р. Сылвы и Чусовой.

Водоносный комплекс отложений кунгурского яруса – поповская, кошелевская и лекская свиты – является свитой филипповского горизонта и переходит в толщу Верхнекамского месторождения соли. Указанные свиты очень схожи по литологическому и гидрогеологическому составу, поэтому их целесообразно объединить в один водоносный комплекс, одновременно это обстоятельство не дает объединять кунгурский терригенный водоносный комплекс с одновозрастным водоносным комплексом иренской свиты и кунгуро-артинским водоносным горизонтом платформы.

Водоносный комплекс кунгурских терригенных отложений выходит на поверхность в бассейнах рек, пересекающих Предуралье – Пермский край в пределах Верхнекамского месторождения солей, перекрыт верхнепермскими отложениями и вскрывается только на глубинах 140–300 м.

Водоносами являются песчаники, мергели, известняки, линзы гипса, конгломераты, а водоупорами выступают глины, плотными – нетрещиноватые песчаники.

Соленосная толща Верхнекамского месторождения солей, выполняющая центральную часть депрессий, служит водоупором, при этом разнообразие литологического состава обусловлено наличием трещинно-грунтовых, трещинно-пластовых и трещинно-карстовых вод со сложной взаимосвязью и химизмом.

Глубина залегания подземных вод в соликамской депрессии колеблется от 1 до 140 м, при этом могут присутствовать два-три или четыре водоносных слоя мощностью до десятка метров.

Напор подземных вод возрастает по мере погружения пород в западном направлении и местами достигает 200 м. Разгрузка напорных вод происходит в долинах рек, это подтверждается обилием восходящих родников повышенной минерализации с сульфатным или хлоридным составом.

Водообильность пород неравномерна, так как это связано с различной степенью трещиноватости и литологическим составом этих пород.

В Юрюзано-Сылвинской депрессии, в условиях выхода кунгурских терригенных отложений на поверхность, отмечается наличие водообильных участков к зонам нарушений и повышенной трещиноватости, связанной с формированием соляных валов. Наиболее крупные трещины зафиксированы в долинах р. Сылвы и Тисы по наличию крупных родников. Эти трещинные зоны служат путями подъема напорных соленых вод нижних водоносных горизонтов, содержащих линзы гипса и соли.

Изучение переходной толщи и выявление ее водоупорности может повлиять на эффективность отработки калийных солей.

Водоносный горизонт отложений артинского – кунгурского ярусов объединяет филипповскую свиту кунгурского, артинского и верхнюю часть сакмарского ярусов, состоящих из известняков, доломитов и доломитизированных известняков, которые выходят на поверхность в куполе пермско-башкирского свода, который к западу погружается под более молодые иренские отложения платформы (вскрыт только скважинами).

Наиболее обводнены филипповские доломиты и артинские известняки, а водоупорной подошвой кунгуро-артинского карбонатного водоносного горизонта следует считать толщу самарских и ассельских отложений.

Северная часть пермско-башкирского свода (от г. Кунгура до с. Богородского) обводнена равномерно, подземные трещины и пустоты заполнены полностью и образуют единый водоносный горизонт. Глубина залегания карстовых вод в районах выхода горизонта на поверхность определяется положением базисов карст, что соответствует уровням речной сети района.

В куполе пермско-башкирского свода воды безнапорные, но с удалением от выхода горизонта на поверхность появляется напор.

Так, на юге Пермского края у пос. Щучье Озеро напор составляет 120–150 м, а в пос. Куета и Гожан – 350–380 м. В Верхнекам-

ской впадине водоносный горизонт кунгуро-артинских отложений вскрыт на глубинах 400–500 м, а в пределах Майкорского вала – на глубинах 600–700 м.

В пределах пермско-башкирского свода с увеличением глубины залегания подземных вод увеличивается их минерализация.

На курорте «Ключи» Пермского края содержание сероводорода на глубинах около 300 м достигает 647 мг/л, а в районе г. Краснокамска – до 1000 мг/л, при увеличении содержания брома. В Верхнекамском месторождении солей на глубине 870 м вскрыты напорные сольно-минерализованные воды, приуроченные к трещиноватым доломитизированным известнякам.

Воды с высоким содержанием сероводорода на курорте «Ключи» используются как бальнеологические воды.

Водоносный комплекс отложений ассельско-артинских ярусов развит вдоль восточного борта Предуральяского артезианского бассейна, сложен песчаниками, аргиллитами с прослойками и линзами конгломератов, известняков и мергелей. Для этих отложений характерна невыдержанность слоев, замещение одних пород другими, полное отсутствие загипсованности; они достигают нескольких сотен метров.

Водоносными слоями выступают прослои и линзы конгломератов, песчаники, алевролиты, мергели и нетрещиноватые разности песчаников.

Невыдержанность водоносных прослоев, залегание их среди водоупорных толщ, отсутствие между ними гидравлической связи объединяет эти породы в сложный водоносный комплекс, подземные воды которого обладают водообильностью в трещинных зонах и возможностью использования их для целей водоснабжения.

Водоносный горизонт отложений среднего-верхнего карбона (мячковский и подольский горизонты) объединяет известняки, доломиты верхнего карбона и мячковского, подольского горизонтов среднего карбона – среди них встречаются прослои гипса и ангидритов, которые прослеживаются по всей окраине Восточно-Русского артезианского бассейна и в Верхнекамской впадине на глубинах 500–700 м, а в Предуралье на глубинах 1300 м и более.

Мощность верхнекаменноугольного водоносного горизонта составляет 180–480 м и уменьшается к западу и северу Пермского края.

Химический анализ показывает близость состава вод этого горизонта составу гипсоангидритных вод толщи кунгура в районе пос. Полазны и Кухтыма, но имеет незначительные отличия.

В пределах пермско-башкирского свода, особенно в его восточной части, в верхнем карбоне сильно развит карст, в связи с чем атмосферные осадки проникают на значительные глубины, обуславливая минерализацию, а именно гидрокарбонатный и сульфатный состав подземных вод.

Водоносный горизонт башкирского яруса – среднекаменноугольный карбонатный водоносный горизонт, объединяет известняки и доломиты башкирского яруса и нижней части верейского горизонта московского яруса в пределах восточной окраины Восточно-Русского артезианского бассейна, находящиеся на глубинах 850–1250 м в платформенной части Пермского края, а в Предуральском прогибе – на глубинах более 1700 м.

Водоупорной кровлей выступают глины и плотные аргиллиты верхней части верейского горизонта московского яруса, а водоупорной подошвой являются плотные с очень низкой пористостью известняки и глины.

На севере Пермского края этот водоносный горизонт среднего карбона в районе Верхнечусовских Городков выявлен на глубине 1800 м, обладает значительным напором, и в воде содержатся бром, йод, сероводород.

Водоносный горизонт отложенный визе-намюрского яруса приурочен к сильно трещиноватым кавернозным и пористым известнякам и доломитам верхов визейского яруса, водоупорной кровлей выступают плотные с низкой пористостью известняки и глины намюра, только незначительная часть низов этих отложенных водоносна. Водоупорной подошвой водоноса служат плотные известняки с прослойками ангидрита и глинистые породы визейского яруса. В карбонатной фации этот водоносный горизонт развит в платформенной части Предуралья.

Водоносный комплекс отложений визейского яруса (рис. 20) включает в себя песчаники, аргиллиты, алевролиты с прослойками глин, доломиты, каменные угли.

Водоносный комплекс мощностью от 40 до 220 м в пределах платформы выявлен на глубинах 1200–1750 м в восточной части Предуралья.

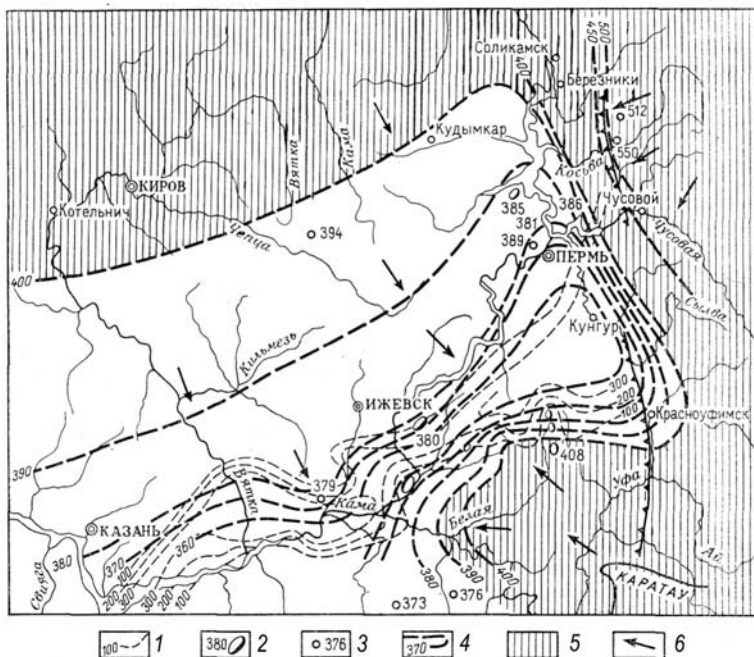


Рис. 20. Схематическая карта пьезометрической поверхности пластовых вод терригенных толщ визейского яруса нижнего карбона: 1 – изопахиты терригенной толщи карбона; 2 – залежи нефти; 3 – отметка приведенного статического уровня; 4 – гидроизопьезы; 5 – зона повышенных пьезометрических уровней; 6 – направление движения вод

С терригенной толщей нижнего карбона связаны основные залежи нефти на платформенной части Пермского Прикамья. Среди терригенной толщи визейского яруса значительное место занимают водоупорные породы – глины, аргиллиты, водоносные – песчаники,

в ней содержатся пластовые напорные высокоминерализованные воды, при этом вся эта толща является региональным водоупором, который разделяет ниже- и вышележащие водоносные горизонты и комплексы.

Водоносный горизонт отложений турнейского яруса изучен мало. Незначительная изученность этого горизонта не позволяет установить закономерности его распространения и характеристики. Обнаружен в скважине около пос. Ярино. В районе г. Краснокамска было произведено специальное гидрогеологическое опробование в интервале 1446–1465 м, которое показало, что вода насыщена сероводородом (Кухтымская площадка).

Водоносный горизонт карбонатных отложений верхнего девона приурочен к известнякам и доломитам, часто глинистым, кремненным или загипсованным. Гидрогеологическая изученность этого горизонта слабая, пористость не велика, но довольно широко распространены карстовые пустоты и полости. Везде вскрыты высоконапорные и высокоминерализованные рассолы, это подтвердили анализы вод из скважин у г. Краснокамска (1740–1750 м), пос. Полазны (1700 м), пос. Ярино и г. Кудымкара (2052–2110 м).

Водоносный горизонт терригенных отложений верхнего девона, пашийский слой, сложен из переслаивающихся песчаниками, аргиллитами, алевролитами, залегающими на размытой поверхности, различных горизонтов живетского и эйфельского ярусов мощностью от нескольких десятков метров. Пашийский слой перекрыт кыновским слоем (глины, аргиллиты, мергели), выполняющим функции водоупорной кровли подземных вод, которые находятся в полной закрытости, кроме районов, прилегающих к Уралу.

Глубина залегания горизонта – 1730–2200 м, статический уровень зафиксирован на глубине 85–286 м и снижается с севера на юг Пермского края.

Водообильность горизонта неравномерная – от нескольких кубометров до 560 м³ в сутки.

Удельный вес воды горизонта высокий – 1,165–1200 г/см³, наибольший в районе Чернушки, минерализация увеличивается

к юго-востоку и достигает в пределах Куединского района максимального значения.

Водоносный горизонт карбонато-терригенных отложений среднего девона объединяет среднедевонские отложения, представленные эйфельскими и живетскими ярусами, которые состоят из песчаников с прослойками глины, алевролитов, известняков, доломитов разных горизонтов, мощность в Пермском Предуралье – несколько десятков метров. Этот горизонт изучен недостаточно, за исключением Краснокамско-Полазненского и Чернушенско-Куединского валов.

Воды среднедевонских отложений имеют повышенный удельный вес (1,182–1,206 г/см³) и содержат йод, бром.

Водоносный комплекс отложений кембрия – нижнего девона (бавлинская свита). Эти отложения вскрыты в Пермском Приуралье на Яринском, Лобановском, Краснокамском, Полазненском, Чернушенском месторождениях нефти и опорных скважинах в Бородулине и Северокамске; представлены песчаниками, глинистыми сланцами, алевролитами, доломитами, редко – изверженными породами. Гидрогеологическая изученность этих отложений еще недостаточная.

Подземные воды выявлены на глубинах 2892–2995 м (пос. Бородулино) и 2218–2223 м (Чернушенский вал), состав хлоридно-натриевый при различных дебитах скважин.

Центральная горноскладчатая часть Уральской системы бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости

Эта система бассейнов располагается в пределах орографически выраженного Уральского горноскладчатого сооружения, которое переживает длительный континентальный период. В нем господствуют эрозионные процессы. Продукты выветривания коренных пород смываются с поверхностными водами в межгорные долины, оставляя на склонах маломощный чехол элювиально-делювиальных образований, не имеющих самостоятельного значения и практически безводных. В то же время в долинах накапливаются аллювиальные отложения разнообразного характера.

Для малых рек Пермского края, стекающих с Уральских гор, характерна незначительная толща аллювиальных отложений (1–5 м), в более крупных реках региона в межгорных долинах мощность отложений колеблется от 5 до 20 м.

Воды аллювиальных отложений всегда гидравлически связаны с речными водами и водоносными трещинными зонами коренных пород, обычно они имеют свободную поверхность с глубиной залегания зеркала от дневной поверхности до 10–15 м.

Водоотдача аллювия крайне неравномерна, воды по химическому составу разнообразны и часто отражают состав подземных вод коренных пород. В основном аллювий считается участком-накопителем.

Участком циркуляции и стока выступают палеозойские, протерозойские осадочные породы, а также метаморфические и вулканогенные породы.

В Пермском крае наблюдается целый ряд закономерностей, характерных для всего Урала.

Интенсивность трещиноватости пород края и глубина проникновения трещин зависит от причин их возникновения: от выветривания (30–60 м) и при тектонических разломах (250–300 м), а местами значительно глубже.

Особенность Пермского края – наличие в горных породах карбонатного составляющего и способность их к хорошему растворению. Выходы таких пород имеются почти повсеместно в крае, но особенно четко они просматриваются в Кунгурском, Суксунском и других районах, в которых карст развивался начиная от крупных пещер до воронок различных размеров и конфигураций.

Карстовые пустоты, приуроченные к плоскостям напластования при складчатой структуре горообразования, особенно характерны для Пермского Приуралья; более современный карст накладывается на более древний. При этом образуется несколько этажей карстовых пещер, в которых подземные воды, гидравлически связанные с разными горизонтами, образуют сложнейшие подземные лабиринты.

Знаменитые карстовые пещеры и «печки» находятся на западном склоне р. Чусовой.

Особенности формирования трещинных зон горноскладчатого Урала, расположенных на территории Пермского края, определяют выделение водоносных горизонтов и комплексов, таких как зона выветривания и трещинная тектоника, при этом не имеет значения, когда образовался водоносный слой или комплекс (в силуре или карбоне).

В отличие от платформенных бассейнов бассейны подземных вод Пермского края в предгорьях Урала рассматриваются как водоносные зоны, и их комплексы приурочены к условиям формирования трещиноватости Уральской системы гор.

Бассейны грунтовых вод зон трещиноватости в породах верхнего и среднего палеозоя Западно-Уральской зоны складчатости в Пермском крае. Западно-Уральская зона складчатости охватывает западную часть уральского складчатого сооружения и простирается с востока от контура доордовикских структур до западных границ нижнепермских моласс. Ее принято делить на три крупные структуры: Кожимо-Вишерскую, Язьвинско-Чусовскую и Бардымо-Айскую. В пределах бассейна распространены:

1. Водоносный комплекс отложений ассельского – атринского ярусов и водоносные комплексы зон трещиноватости.
2. Терригенные отложения среднего и верхнего карбона.
3. Отложения среднего карбона – артинского яруса нижней перми (верхняя карбонатная толща обводненная).
4. Отложения визейского – башкирского ярусов (средняя карбонатная обводненная толща).
5. Угленосных отложений нижнего карбона.
6. Отложения среднего девона – турнейского яруса нижнего карбона (нижняя обводненная карбонатная толща).
7. Терригенных отложений девона и карбона.
8. Карбонатных отложений силура и нижнего девона.
9. Терригенных отложений ордовика и силура.
10. Терригенных отложений ашинской свиты кембрия.
11. Карбонатных отложений клыктанской свиты.

1. *Водоносные комплексы отложений ассельского – артинского ярусов и зон трещиноватости терригенных отложений среднего – верхнего карбона.*

В целом толщу водоносного комплекса и зон трещиноватости необходимо рассматривать как сложную систему водоносных слоев, отдельных линз, размещенных в водоупорных аргиллитах, и глинистых сланцев. В верхних горизонтах развиты безнапорные воды, в нижних встречаются артезианские (напорные) воды. В этом заключается гидравлическая особенность горизонтов.

В южной части Язьвинско-Чусовской и в Бардымско-Айской структур вся толща нижней перми выходит за пределы Пермского края и Уральского бассейна, водовмещающими породами выступают песчаники, конгломераты, алевролиты с очень незначительной водоносностью.

По этой причине этот водоносный комплекс не имеет практического значения.

2. *Водоносный комплекс зон трещиноватости отложений среднего карбона – артинского яруса нижней перми (верхняя карбонатная обводненная толща).*

Одной из особенностей Западно-Уральской зоны складчатости является широкое распространение карбонатных пород и связанных с ними трещинно-карстовых вод. В Кожимо-Вишерской и Язьвинско-Чусовской структурах в стратиграфическом разрезе карбонатных толщ выявлено три обводненных толщи, разделенные водоупорами.

В бассейне р. Чусовой, протекающей по Пермскому краю, развиты породы нижней части водоносной толщи, представленные известняками среднего и верхнего карбона.

Водовмещающими породами верхней карбонатной толщи выступают известняки, доломиты и доломитизированные известняки, водоносность толщи неравномерна. Характерными для нее являются эффективная трещиноватость и закарстованность по плоскостям напластования и линейно вытянутым зонам как результат тектонических движений.

В этом водоносном комплексе при наличии карст подземные воды циркулируют с одним уровнем зеркала подземной воды, однако фильтрационная неоднородность пород создает некоторую неоднородность зеркала на определенных участках комплекса.

Разгрузка подземных вод в устьях рек и суходолов происходит в виде родников и ключей при конкретных условиях.

В Пермском крае на р. Большой Кумыш речной поток исчезает с дневной поверхности земли и выходит на нее только у поселения Вынырок с расходом $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для Кизеловского района водоносность комплекса ничтожно мала, и вода встречается на глубинах порядка 300 м.

3. Водоносный комплекс зон трещиноватости отложений визейского – башкирского ярусов (средняя карбонатная толща).

Этот водоносный комплекс сложен известняками, доломитизированными известняками и доломитами визейского, намюрского, башкирского ярусов, водоупором служат угленосные отложения нижнего карбона, а водоупорной кровлей – глинисто-карбонатная пачка нижней части московского яруса.

Водоносность карбонатной толщи складывается в зависимости от условия ее залегания.

Наиболее мощным и выдержанным по площади является водоносный горизонт, приуроченный к подошве башкирского яруса.

Этот водоносный комплекс находится в среде горизонтов с четко выделенными карстовыми зонами и наличием значительных зон трещиноватости разного происхождения. Как правило, с погружением на значительные глубины трещиноватость пород уменьшается.

Высокая скорость водообмена в средней карбонатной толще влияет на минерализацию подземных вод этого комплекса водоносных зон и является относительно низкой.

4. Водоносный комплекс зон трещиноватости угленосных отложений нижнего карбона.

Названный водоносный комплекс в Кожимо-Вишерской и Чузовской структурах представляет собой региональный водоупор, разделяющий среднюю и нижнюю обводненные карбонатные толщи.

Он сложен переслаивающимися аргиллитами, песчаниками, глинистыми сланцами, пластами угля, местами с прослойками известняков. В южной части Пермского края южная угленосная свита постепенно замещается карбонатными осадками и сливается с визе-намурийскими отложениями.

Во многих районах Северного и Среднего Урала в пределах Пермского края породы угленосной свиты хотя и сохраняют в целом водоупорный характер, однако содержат ряд слоев трещиноватых кварцевых песчаников с напорными подземными водами, разобщенных водоупорными пачками алевролитов, аргиллитов и углистых сланцев.

Водоносность угленосной свиты, располагающейся в Пермском крае, находится в тесной зависимости от геолого-структурных условий залегания и тектонической нарушенности и в целом весьма небольшая.

Родники, выходящие из этого водоносного комплекса, незначительны.

Водопритоки из углесодержащих горизонтов при условии незначительных деформаций и обрушений кровли также незначительны.

Подземные воды, поступающие в горные выработки, интенсифицируют процессы окисления сульфидов железа, содержащихся в угленосной свите, и резко меняют свой химический состав.

5. Водоносный комплекс зон трещиноватости отложений среднего девона – турнейского яруса нижнего карбона (нижняя карбонатная обводненная толща).

Этот водоносный комплекс объединяет отложения турнейского яруса, верхнего и среднего карбона. Водоупорной кровлей служит угленосная свита нижнего карбона, а водоупорной подошвой выступают песчаники, аргиллиты, сланцы такатинской свиты среднего девона.

В северных и средних частях Западно-Уральской зоны складчатости Уральских гор, размещенных в пределах Пермского края, эта толща выходит на поверхность в замкнутых антиклинальных складках и по своим гидрогеологическим условиям соответствует обособленным открытым и полузамкнутым бассейнам трещинных и трещинно-карстовых вод.

Терригенно-карбонатный тип разреза распространен преимущественно в Ясьвинско-Чусовской структуре и особенно в Кизеловском районе и состоит из переслаивающихся и взаимно замещающихся известняков, доломитов, аргиллитов, песчаников, реже алевролитов.

Карстовые формы здесь отмечаются на больших глубинах – 200–250 м.

К ослабленным трещиноватым и закарстованным зонам приурочивается поглощение поверхностного стока, что приводит к образованию «суходолов» – речных долин без поверхностного постоянного водотока.

Так, р. Шайтанка «фильтруется» с дневной поверхности, образуя суходол, а затем разгружается в р. Чусовую в районе г. Чусового, в 8 км выше устья суходола.

В этом водоносном комплексе встречаются подземные воды в виде рассолов, вскрытые в Кизеловском районе на глубине 800 м при проходке шахтным стволом.

Остальные девять водоносных комплексов зон трещиноватости Уральских гор находятся территориально вне границ Пермского края и не рассмотрены¹.

3.2.4. Формирование подземных вод Пермского края

Материал исследований по подземным водам Пермского края позволил на базе основных элементов гидрогеологической зависимости: питания, стока, режима, гидродинамики, гидрохимии подземных водоносных комплексов, зон, бассейнов – достаточно точно определить условия их формирования, ресурсы и возможности использования для хозяйства края.

Условия питания, стока, разгрузки, режим подземных вод Пермского края. Основными источниками поступления воды в во-

¹ В данном пособии не рассмотрены вопросы бассейнов грунтовых зон трещиноватости в породах нижнего палеозоя и протерозоя Центрально-Уральского поднятия – Северного, Среднего Урала, Южного Урала, Тобольского артезианского бассейна, а также бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости в породах среднего и нижнего палеозоя восточного склона Урала.

доносные горизонты остаются атмосферные осадки. Роль конденсационной влаги отмечена только в районах крупных горных хребтов, а на остальных территориях Пермского края ее количество незначительно.

Для западного склона складчатого Урала при его развитии едином водоносном комплексе грунтовых вод в экзогенной зоне трещиноватости область питания совпадает с площадью распространения водоносных пород, с восточной окраиной Восточно-Русского артезианского бассейна или предуральским развитием.

В горноскладчатых районах Пермского Предуралья рыхлый покров незначителен, а местами просто отсутствует, поэтому инфильтрация атмосферных осадков происходит практически беспрепятственно и контролируется только степенью и глубиной развития трещиноватости горных пород территории.

На более пологих склонах и равнинных территориях края развит достаточно мощный рыхлый покров, поэтому условия инфильтрации атмосферных осадков могут быть различными. Таким образом, в северной части Пермского края, входящей в зону избыточного увлажнения, рыхлые породы зоны аэрации вступают в зимний период влажными и даже водонасыщенными, а при промерзании становятся практически водонепроницаемыми, поэтому талые воды (от снежного покрова) не имеют особого значения для формирования подземных вод. Основное питание подземные воды получают от летне-осенних осадков и изменения уровня грунтовых вод в зоне подпора Воткинского водохранилища (рис. 21).

Региональное значение для подземных вод Пермского края имеют условия рельефа, ландшафт и водообмен с речными водами. В нагорных районах края этот водообмен незначителен, так как период половодий относительно кратковременный, а зона подпора в горных и предгорных условиях также относительно незначительна.

Влияние зоны подпора четко просматривается на примерах наших крупных водохранилищ – Воткинского и Камского, где режим и уровень подземных вод целиком зависит от наполнения этих водохранилищ. В годы, когда эти водохранилища работают в режиме

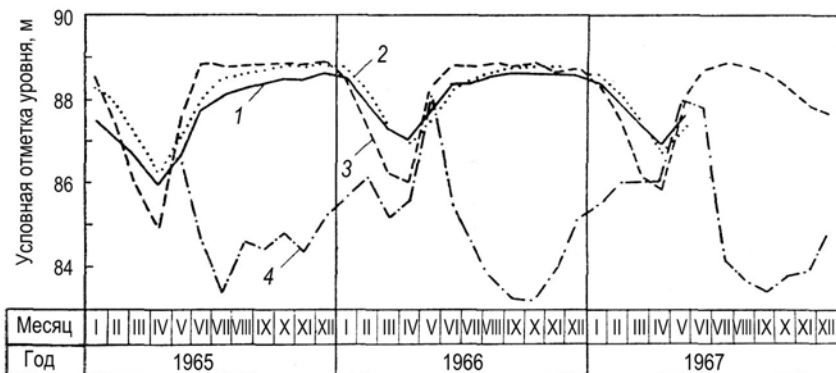


Рис. 21. График изменения уровня грунтовых вод в зоне подпора Воткинского водохранилища на р. Каме у д. Еловка: 1 – кривая уровня воды в гравийно-галечниковых аллювиальных отложениях Q₃ на расстоянии 0,3 км от водохранилища; 2 – кривая уровня воды в тех же отложениях на расстоянии 0,75 км от водохранилища; 3 – кривая уровня воды Воткинского водохранилища; 4 – кривая уровня в аллювиальных галечниках поймы р. Камы до заполнения Воткинского водохранилища (1956–1958 годы)

недостаточности наполнения (маловодные и среднемаловодные годы), уровень грунтовых вод в радиусе влияния значительно падает с далеко идущими последствиями.

В Предуральском артезианском бассейне на территории Пермского края содержится значительное количество водоносных горизонтов, расположенных поэтажно, питание которых зависит от структурного расположения конкретного горизонта в вертикальном разрезе.

По этому признаку все горизонты и комплексы края можно отнести к одной из трех групп:

1. Горизонты, занимающие самый верхний этаж развития и содержащие слабонапорные воды, питающиеся от атмосферных осадков, с границами, совпадающими с границами распространения водоносных пород.

2. Водные горизонты и комплексы, имеющие выход на поверхность значительно меньшую, чем их общая площадь, залегающая под толщей более молодых пород. Прямое атмосферное питание осу-

ществляется только на территории их выхода на поверхность, а на остальной территории восполнение с поверхности затруднено и происходит за счет перетекания из выше- и нижерасполагающихся горизонтов. В Предуралье к этим водам относятся все водоносные горизонты пермских отложений.

3. Горизонты и комплексы, которые не выходят на дневную поверхность в настоящем и не выходили в геологические эпохи развития региона.

Сток и режим подземных вод в Западно-Уральском регионе Пермского края в зоне складчатых гор складывается в условиях влажного климата, значительного распространения карбонатных пород и среднегорного рельефа. С одной стороны, большая закарстованность карбонатных пород создает зависимость режима трещинно-карстовых вод от атмосферных осадков и поверхностного стока, а с другой – возникают значительные скорости водообмена.

Древние тектонические разломы на территории Пермского края – по фронту складчатых гор Урала, заполненные перетертыми породами, почти всюду служат водонепроницаемыми экранами на пути подземных вод на запад. Встречая очередной экран, подземные воды поднимаются к поверхности и разгружаются серией родников.

Эксплуатация Кизеловского каменноугольного бассейна показала, что такие разломы могут пересекать две водоносные толщи, разделенные водоупорами, и только при техногенных условиях возможно одному водоносному горизонту преодолеть около 150 м водоупоров и гидравлически повлиять на нижележащий водоносный горизонт.

В естественных условиях Пермского края такого резкого перепада Предгорий и Урала не бывает, наоборот, существует пологий уклон, измеряемый тысячными долями, который явно недостаточен для преодоления значительного сопротивления фильтрации пород и огромного давления вышележащих толщ, стремящихся уплотнить водоносные породы и выжать их воду.

Об этом свидетельствует наличие многочисленных зон разломов по окраинам Предуральского бассейна и внутри его, по которым происходит разгрузка глубинных рассолов.

3.2.5. Ресурсы подземных вод Пермского края

Естественные ресурсы подземных вод Пермского края характеризуются производительностью водоносных горизонтов и представляют собой обеспеченный приток или отток этих горизонтов.

Помимо абсолютного значения подземного стока, его величина может быть выражена через соответствующие коэффициенты подземного стока (проценты от осадков) и подземного питания рек (проценты от общего стока).

По условиям формирования подземного стока в пределах рассматриваемой территории Пермского края выделяем два гидрологических района: Предуралья, которое соответствует Восточно-Русскому артезианскому бассейну, и горноскладчатый Урал в пределах Уральской системы бассейнов грунтовых вод.

В геологическом строении зоны формирования подземной составляющей стока Предуралья участвуют пермские, триасовые, юрские, меловые и частично четвертичные образования.

На территории Пермского края в песках, песчаниках, мергелях, известняках и конгломератах, гипсах содержится несколько водоносных горизонтов различной водообильности, у которых гидравлическая взаимосвязь обусловлена пестротой литологического состава и отсутствием выдержанных водоупоров.

Горноскладчатый Урал Пермского края занимает центральное положение и имеет значительное превышение поверхностных отметок над прилегающей равниной Предуралья. Подземные воды здесь приурочены к водопроницаемым разностям четвертичных отложений верхней трещиноватой зоны, карстовым пустотам и зонам тектонической и приконтактной трещиноватости палеозойских и протерозойских пород.

Интенсивная трещиноватость пород, наряду с глубокой эрозивной расчлененностью, обуславливает в горных районах Урала значительные скорости водообмена, а это способствует широкому выщелачиванию горных пород.

По условиям формирования подземного стока зоны интенсивного водообмена в пределах Пермского края выделяется район Западно-Уральской зоны линейной складчатости, который характеризуется развитием трещинных и трещинно-карстовых подземных вод в породах палеозойского возраста.

Водообильность водоносных комплексов крайне неравномерна; некарстующиеся породы имеют дебиты 1–2 л/с, дебиты родников трещинно-карстовых вод могут достигать нескольких сотен литров в секунду.

В распределении естественных ресурсов подземных вод Пермского края отчетливо прослеживается зависимость подземного стока от общих геолого-структурных особенностей гидрогеологических и физико-географических условий, которая существует в виде закономерного уменьшения величин подземного стока к западу от горноскладчатого Урала.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод для конкретных потребителей производится путем расчета производительности одного или нескольких взаимодействующих водозаборов, тип и конструкция которых обоснованы конкретными граничными условиями участка, гидрологическими параметрами водоносного пласта или горизонта и общими условиями формирования запасов воды на расчетный период эксплуатации. Поэтому региональная оценка эксплуатационных запасов может производиться только приближенно, и правильней в этих случаях применять термин «эксплуатационный ресурс» (а не запасы), понимая при этом возможность получения воды потребителем на расчетный срок и в достаточном расчетном дебите.

В пределах Пермского края и восточной окраины Волго-Камского артезианского бассейна пресные подземные воды, представляющие интерес для водоснабжения, приурочены к верхней трещиноватой зоне выветривания горных пород и зонам тектонического дробления, характеризуются наибольшей водообильностью, при этом не исключена возможность подъема в них высокоминерализованных вод глубоких горизонтов.

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений приурочен к долинам больших и малых рек Приуралья: Камы, Вишеры, Обвы, в которых водосодержащие породы выражены галечниками, гравием, песками, реже суглинками с грунтовыми водами.

Воды аллювия могут быть использованы одиночными скважинами водоснабжения на локальных территориях, так как велика опасность загрязнения этих вод сбрасываемыми в реки промышленными и сельскохозяйственными стоками.

Эксплуатационные ресурсы подземных вод терригенных отложений верхнепермского возраста оцениваются на территории Пермского края в границах восточной окраины Русской платформы в пределах водоносных комплексов отложений татарского и казанского ярусов, схожих по гидрогеологическим параметрам. Имея огромные ресурсы подземных вод терригенных отложений верхней перми, выполнить организацию крупных водозаборов возможно лишь в пределах локальных трещинных зон, развитых в сводах положительных структур. На остальных территориях возможно лишь устройство одиночных скважин с дебитом не выше 10 л/с.

В целом в пределах Пермского края возможности использования подземных вод оцениваются как общие эксплуатационные ресурсы по всем водоносным горизонтам и комплексам в объеме (ориентировочно) 80 м³/с, при этом 65 м³/с за счет водовосполнения.

При рассмотрении вопросов водоснабжения крупных городов Пермского края из водоносных комплексов и горизонтов подземных вод выявляется характерная для края особенность, что для создания групповых водозаборов с высокой производительностью необходимо размещать их в пределах гидростратиграфических единиц, располагаемых на значительном удалении (до 100 км и дальше) от точек потребления.

3.2.6. Использование подземных вод Пермского края для водоснабжения

Использование подземных вод для развития промышленности и хозяйства Пермского края велось в двух направлениях. Первое – обеспечение хозяйственно-питьевого водоснабжения и второе – водоотлив при разработке полезных ископаемых, когда подземные воды осложняют ведение горных работ. Йодо-бромные воды стали использоваться в крае только в начале прошлого века. Для орошения сельхозугодий используются поверхностные воды рек, озер и стариц.

В настоящее время использование подземных вод для крупных населенных пунктов и предприятий крайне ограничено по разным причинам. Основная – наличие значительного количества поверхностных вод, получение и транспортировка которых более экономична, чем эксплуатация групповых скважин.

Для получения подземной воды для индивидуального потребления на садовых участках и частного домовладения все чаще прибегают к устройству локальных скважин относительно неглубокого погружения, но с достаточно чистой питьевой водой.

В сельской местности, особенно в отдаленных поселениях Пермского края, еще повсеместно получают питьевую воду из колодцев и родников.

Детальное изучение вопроса использования подземных вод Пермского края для водоснабжения населения показывает, что их фактическое использование на Предуралье составляет не более 15 %. Это выяснено в первую очередь по фактическому размещению запасов подземных вод. При этом под эксплуатационными запасами понимаются статические и динамические запасы, сбрасываемые в процессе эксплуатации на 50 % мощности горизонта или с трещиной зоны за 50 лет.

Все месторождения подземных вод Пермского края возможно разделить на три группы:

1. Безнапорные воды – имеют свободный уровень или отдельные участки, имеющие местный напор, который сбрасывается в

начальный период эксплуатации. Месторождения этой группы характерны для гидрогеологических структур Восточно-Русского артезианского бассейна, располагающегося в Пермском крае.

2. Напорные воды – имеют водоупорную кровлю и значительной величины напор. В Пермском крае встречаются крайне редко.

3. Напорно-безнапорные воды – объединяют месторождения трещинно-жильных вод, которые характеризуются при вскрытии как напорные, а затем при эксплуатации сбрасываются. Эти воды очень схожи с водами первой группы, но принадлежат к трещинно-жильным месторождениям.

В каждой группе месторождений подземных вод выделяются типы месторождений, отличающиеся по происхождению.

К первой группе со свободным уровнем подземных вод относятся:

1. Месторождения пластово-поровых вод, приуроченные к аллювиальным отложениям речных долин. Эти месторождения повсеместно располагаются на территории Пермского края в пределах Восточно-Русского артезианского бассейна. В пределах горноскладчатых гор Пермского края эти месторождения встречаются значительно реже из-за отсутствия достаточно мощного аллювиального слоя на речных долинах.

2. Месторождения трещинных вод связаны с зоной экзогенной трещиноватости горных пород, не подверженных процессам карстования, литологический состав и структурное положение которых связаны с интенсивностью и глубиной трещиноватости. Из гидрогеологических факторов для данного типа имеют значение условия питания и взаимосвязь с поверхностными водами.

3. Месторождения трещинно-карстовых вод связаны с карбонатными горными породами – известняками, доломитами, развиты в пределах горноскладчатого Урала в Пермском крае, преимущественно в межгорных депрессиях.

Ко второй и третьей группам относятся типы месторождений, повсеместно относящихся к Зауралью и Восточному артезианскому бассейну.

3.2.7. Минеральные и промышленные воды Пермского края

Сложное геологическое строение Урала в пределах Пермского края, платформенные и геосинклинальные условия развития обусловили формирование химического состава подземных вод и развитие многих типов минеральных вод.

В Пермском крае выделены зоны распространения минеральных вод:

- сероводородных и йодо-бромных вод Предуралья;
- сероводородных вод западного склона Урала.

Границы зон четко выделены, при этом в этих зонах наблюдается вертикальная зональность с преобладающим значением определенной биологически активной составляющей

Особенно четко выделена зона сероводородных и йодо-бромных вод Предуралья, расположенных на территории Пермского края.

Платформенные условия геологического развития территории этой зоны обусловили этажное расположение водоносности в осадочных толщах пермского, каменноугольного и девонского возраста, а залегание на значительных глубинах определило их застойный режим и вертикальную зональность гидрохимических зон.

В Пермском крае широкую известность имеют курорты «Усть-Качка» в Пермском районе и «Ключи» в Суксунском районе.

Курорт «Усть-Качка» эксплуатирует скважины с глубин 460–500 м (вторая вертикальная зона) с сероводородными водами и с глубин 1300–1500 м (четвертая вертикальная зона) с йодо-бромными водами (рис. 22).

Курорт «Ключи» – сероводородные воды малых глубин (первая вертикальная зона).

Основные показания для лечения на пермских курортах – болезни сердечно-сосудистой системы, органов движения, нервной системы, хронические интоксикации и ряд кожных и гинекологических заболеваний.

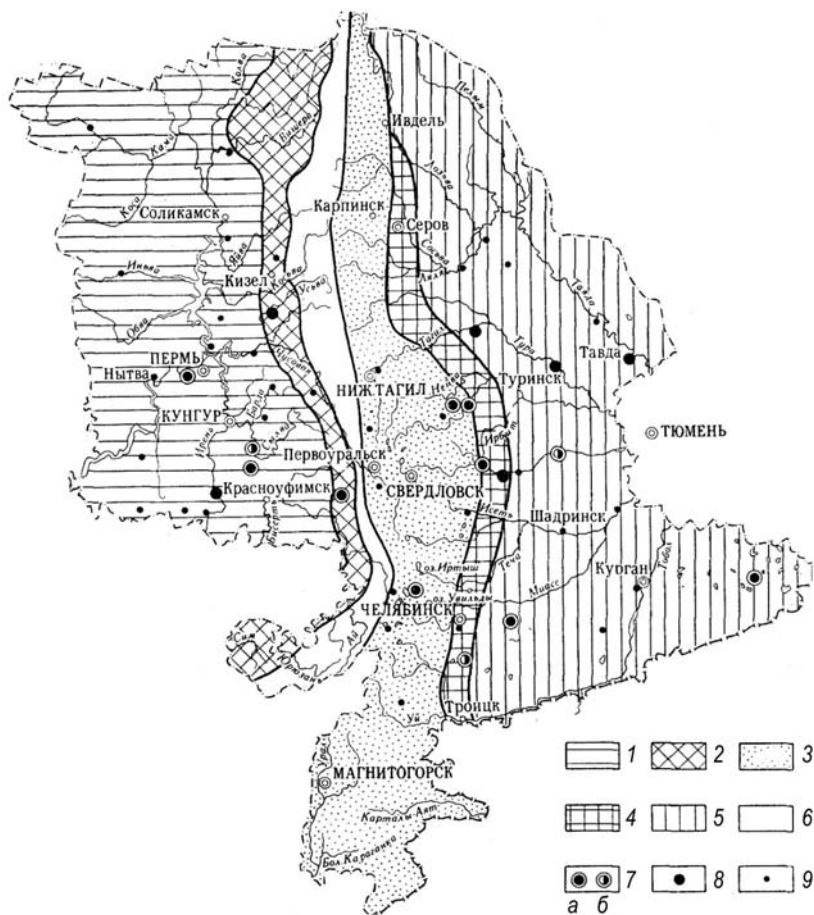


Рис. 22. Схема распространения основных типов минеральных вод: 1 – зона сероводородных и йодо-бромных вод Предуралья; 2 – зона сероводородных зон западного склона Урала; 3 – зона радоновых и кислых рудничных вод горного Урала; 4 – зона щелочных вод локального развития Западного Зауралья; 5 – зона хлоридных натриевых вод Восточного Зауралья; 6 – площадь Центрально-Уральского поднятия, практически лишенная минеральных вод; 7 – курорты, действующие (а) и проектируемые (б) на базе действующих водолечебниц; 8 – водолечебницы; 9 – основные точки вскрытия минеральных вод, по которым имеются полные анализы

Из общего количества типов минеральных вод, рассматриваемых в общих классификациях на Урале, в том числе в Пермском крае, встречаются все типы за исключением углекислых вод.

Промышленные воды Урала – это подземные воды, обогащенные ценными компонентами в количествах, обеспечивающих экономическую целесообразность промышленного их извлечения из рассолов.

В Предуралье такие предпосылки имеются только для йодобромных вод, широко распространенных в пределах Предуральского прогиба Верхнекамского месторождения калийных солей. Приурочены они к нижней части глинисто-мергелистых отложений соликамской свиты и покровной толще калийных солей иреньской свиты.

В дореволюционное время из рассолов калийных солей производили выварку поваренной соли.

3.2.8. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых Пермского края

В официальной литературе о Пермском крае освещена только гидрогеологическая особенность Кизеловского каменноугольного месторождения, расположенного в районе г. Кизела и в настоящее время прекратившего свое производство.

Все угольные месторождения Урала принадлежат двум группам, резко отличающимся по геологическому строению и гидрогеологическим условиям.

Первая группа – палеозойские месторождения антрацитов и каменного угля, расположенные в пределах западного и восточного склонов Уральских гор; приуроченные к угленосной свите визейского яруса нижнего карбона.

Вторая группа – месторождения бурых углей, расположенные вдоль восточного склона гор до границ сочленения с Западно-Сибирской равниной.

В Пермском крае находится только Кизеловский угольный бассейн, расположенный на западном склоне Среднего Урала в пределах Западно-Уральской зоны складчатости. Его территория представляет

древнюю поверхность выравнивания, разделенную глубокими и узкими долинами р. Кизила, Косьвы, Усьвы, Вильвы, Луньвы.

В стратиграфическом разрезе района широко распространены карбонатные карстующие породы от нижнеартинского яруса перми до верхней части среднего девона общей мощностью более 2000 м.

Угленосные отложения приурочены к основанию визейского яруса и сложены песчаниками, аргиллитами, алевролитами и глинистыми сланцами с подчиненными прослоями углей общей мощностью до 250 м.

Главная особенность гидрогеологии Кизеловского угольного месторождения в том, что над угленосным горизонтом имеются вышечарбонатные сильно обводненные толщи – верхние и средние, разделенные водоупорной пачкой нижней части московского яруса.

Однако основную роль в обводнении горных выработок играют трещинно-карстовые воды средней карбоновой толщи, пронизывающие их по трещинам, возникшим при разработке месторождения.

Большая часть обводненности верхних надугольных карбонатных толщ связана с сильной закарстованностью и большим количеством атмосферных осадков в районе Кизеловского угольного бассейна, идущих на питание трещинно-карстовых вод.

Значительные притоки подземных вод затрудняли разработку угольных месторождений, особенно при проходке шахтных стволов, когда большие притоки начинались сразу при вскрытии закарстованных известняков.

Вопросы по третьей главе

1. Особенности рельефа, растительности, болот Пермского края.
2. Характеристика высот Пермского Предуралья и Урала.
3. Густота речной сети и система крупных и малых водохранилищ Пермского края.
4. Когда началось гидрогеологическое изучение территории Пермского края и с какими видами полезных ископаемых это было связано?
5. Сколько бассейнов подземных вод первого порядка находится на территории Пермского края (согласно схеме гидрологического районирования)? Назовите их.

6. Сколько этажей имеют Восточно-Русский и Предуральский сложные бассейны пластовых вод?

7. Дать характеристику верхнему гидрогеодинамическому этажу, перечислить водоносные комплексы, которые используются для водоснабжений населения Пермского края.

8. Дать характеристику нижнему гидрогеодинамическому этажу, перечислить водоносные комплексы, входящие в этаж, и их особенности.

9. На какой территории размещается Большеуральский сложный бассейн корово-блоковых вод (пластово-блоковых и пластовых вод).

10. Перечислить водоносные комплексы, находящиеся на территории Пермского края в зоне складчатого Урала.

11. В чем особенности гидрогеологии Пермского края, расположенного на границе Европы и Азии?

12. Сколько лет (примерно) Уральским горам, Кавказским горам?

13. Причины образования Уральских гор.

14. Сколько водоносных и водоупорных комплексов имеется на Уральском горном массиве?

15. Сколько зон трещиноватости разных геологических эр и эпох выявлено на Уральских горах?

16. Особенности структуры поверхностных вод Пермского края.

17. Назвать основной фактор, влияющий на гидрографию Пермского края. Особенности русла р. Камы до создания Камского моря и Воткинского водохранилища.

18. Насколько велика мощность складок осадочных пород на Уральских горах?

19. Назвать структуру стратиграфии Урала (в том числе на территории Пермского края).

20. Дать информацию о структурах нижнего и верхнего докембрия.

21. Дать информацию о структурах кембрия, ордовика, силура.

22. Дать информацию о структурах девона, карбона, перми.

23. Какова мощность осадочного чехла платформенных осадков геоструктурных зон в границах Пермского края, залегающих на кристаллическом фундаменте?

24. Роль гидрогеологии в освоении природных богатств Уральских гор.

25. Роль минеральных вод в организации курортов в Пермском крае.

26. В чем заключается опасность использования недействующих скважин для утилизации промышленных отходов без должной очистки?

27. Какие бассейны первого порядка включены в гидрогеологическую схему районирования Урала в пределах Пермского края?

28. Какие бассейны второго порядка включены в гидрогеологическую схему районирования Урала в пределах Пермского края?

29. Особенности Волго-Камского артезианского бассейна пермско-башкирского свода в пределах Пермского края (бассейн второго порядка).

30. Особенности Предуральского артезианского бассейна в пределах Пермского края (бассейн второго порядка).

31. Особенности раскрытого бассейна трещиновато-карстовых вод пермско-башкирского свода в пределах Пермского края (бассейн второго порядка).

32. Особенности бассейна грунтовых вод трещиноватости в породах верхнего и среднего полеозоя Западно-Уральской зоны складчатости в пределах Пермского края (бассейн второго порядка).

33. Роль наличия трещиноватости в водообильности в горных породах Пермского края.

34. Какими горными породами сложена восточная окраина Восточно-Русского артезианского бассейна, расположенного на территории Пермского края?

35. Какие водоносные комплексы, выделенные в пределах Восточно-Русского артезианского бассейна, встречаются на территории Пермского края?

36. Какие водоносные горизонты определены в Восточно-Русском артезианском бассейне и какие воды обнаружены в этих горизонтах на территории Пермского края?

37. Где на территории Пермского края находится водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений и состав аллювия?

38. Где выходит на поверхность Пермского края водоносный комплекс татарского яруса и какова его мощность?

39. В районе каких городов Пермского края обнаружены воды водоносного комплекса отложений казанского яруса белебеевской свиты?

40. Характерные особенности водного комплекса отложений верхнеуфимского подъяруса шешминской свиты, расположенного в Предуралье Пермского края.

41. Где на территории Пермского края располагается водоносный горизонт отложений нижеуфимского подъяруса (соликамская свита) и водоносный комплекс иренской свиты?

42. На каких глубинах залегает водоносный горизонт отложений артинского – кунгурского ярусов в районе населенных пунктов Пермского края – у поселений Щучье Озеро, Куеда, Гожан, курорта «Ключи», в районе г. Краснокамска?

43. На какой глубине выявлен водоносный горизонт башкирского яруса в районе Верхнечусовских Городков Пермского края?

44. Где на территории Пермского края обнаружен водоносный горизонт отложений турнейского яруса?

45. На каких глубинах обнаружен водоносный горизонт карбонатных отложений верхнего девона в скважинах у г. Краснокамска и Кудымкара, пос. Полазны и Ярино?

46. Какими грунтами представлен водоносный комплекс отложений кембрия – нижнего девона (бавлинской свиты), выявленных при Яринском, Лобановском, Краснокамском, Полазненском, Чернушенском месторождениях нефти и опорных скважинах у селений Бородулино и Северкамска, и на каких глубинах выявлены подземные воды?

47. Какие горные породы имеются в Центральной горноскладчатой части Уральской системы бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости, просматриваются в Кунгурском и Суксунском районах Пермского края?

48. Какие горные породы образуют водоупорную кровлю и водоупорную подошву водоносного комплекса зон трещиноватости отложений среднего девона – турнейского яруса нижнего карбона (нижняя карбонатная обводненная толща)?

49. Протяженность суходола р. Шайтанки в районе г. Чусового.
50. Какие условия питания, стока, разгрузки соответствуют подземным водам Пермского края?
51. Как влияет наполнение водохранилищ на режим и уровень подземных вод в конкретном районе Пермского края?
52. Как характеризуются три группы водных горизонтов и комплексов Пермского края?
53. Сколько в Пермском крае имеется гидрогеологических районов? Назовите их.
54. Как оцениваются региональные эксплуатационные запасы подземных вод Пермского края?
55. К каким горным структурам приурочены подземные воды Пермского края и Восточной окраины Волго-Камского артезианского бассейна пресных вод?
56. К каким водосодержащим горным породам Пермского края приурочен водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений?
57. Какие два направления использования подземных вод присутствуют в Пермском крае?
58. По какой причине подземные воды не используются в Пермском крае для обеспечения водой крупных населенных пунктов городского типа?
59. Назовите три группы месторождений подземных вод Пермского края.
60. Сколько зон распространения минеральных подземных вод выделено в Пермском крае?
61. Скважины какой глубины эксплуатируют на курортах «Усть-Качка» и «Ключи»?
62. Какие болезни лечат на курортах Пермского края минеральными водами?
63. Особенности эксплуатации бывших угольных месторождений Пермского края.

ГЛАВА 4. ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В основу инженерно-геологического районирования положена унифицированная схема (Голодковская, 1963) с выделением таксономических единиц: регионов – по структурно-тектоническому, областей – по геоморфологическому и районов – по литолого-генетическому (формационному) принципам.

Инженерно-геологические исследования на Урале и в Пермском крае развивались главным образом в направлении решения практических задач промышленного и гражданского строительства.

В основном по Пермскому краю широко распространены делювиальные грунты, обладающие резкой изменчивостью несущей способности.

В соответствии со схемой районирования в пределах Урала в Пермском крае имеется два формирования инженерно-геологического образования:

А – восточная окраина Русской платформы;

Б – горноскладчатый Урал.

В этих формированиях различаются инженерно-геологические области Пермского края:

А1 – область, соответствующая равнине восточной окраины Русской платформы и Предуральскому прогибу;

А2 – область приподнятой равнины Уфимского плато;

Б1 – остаточные горы западного склона Урала;

Б2 – остаточные горы осевой части Урала.

4.1. А – ВОСТОЧНАЯ ОКРАИНА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ В ГРАНИЦАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Этот район занимает западную часть восточной окраины Русской платформы и включает два геолого-структурных подразделения: собственно восточную окраину Русской платформы и Предуральский прогиб. Для этого района характерна слабая дислоцированность пород, представленных морской карбонатной и карбонатно-обломочной формами палеозойского возраста.

Палеозойский комплекс региона включает породы коренной основы, которые обнажаются по долинам рек на крутых обрывистых берегах, при этом долины рек выполнены древними и современными аллювиальными отложениями.

В географическом отношении эта территория занимает восточную окраину Средне-Русской равнины. У нее относительно плоские водоразделы, слегка всхолмленные, постепенно переходящие в согласованные речные долины с преимущественно широтной ориентировкой. Междуречья территории облеснены и задернованы, выходы коренных, скальных пород наблюдаются только по берегам рек.

На территории восточной окраины Русской платформы широкое развитие получил карст и в меньшей степени оползни и овраги молодой формации, а в северной залесенной части распространены болота.

На развитие карста в этом регионе оказывает влияние большое количество атмосферных осадков, которые при слабом испарении способствуют формированию подземного стока значительного размера. Это явление и геологические предпосылки горных пород к выщелачиванию, а также возможность дренирования территории с глубоко врезанными речными долинами, обеспечивающими разгрузку подземного стока, дают соответствующие ответы с точки зрения инженерно-геологических и гидрогеологических условий на вопросы безопасности строительства и эксплуатации сооружений.

Практически территории карст Пермского края изучены еще недостаточно, исключение составляют только районы, где построены крупные гидростанции Камская и Воткинская ГЭС, поэтому следует очень внимательно изучать геологию и гидрогеологию в местах строительства и эксплуатации сооружений.

Грунтовые воды в этих районах залегают на различных глубинах и могут обладать сульфатной агрессией к бетонным сооружениям или содержать хлоридную минерализацию за счет растворения и выщелачивания каменной соли.

Районы, где карстовые явления незначительны, можно отнести к районам, неподверженным карстовым явлениям. Поэтому мероприятия инженерной подготовки в этих районах по своему направлению и объему могут быть такими же, как для районов, не подверженных карстообразованию.

4.2. РАЙОН А1 ПЕРМСКОГО КРАЯ

Для района А1 характерны породы коренной основы, сложенной комплексом осадков верхней части палеозойского этажа с преобладанием терригенных и карбонатных формаций пермского возраста, также распространены гипсовые и соленосные отложения (табл. 2).

Поверхностные образования принадлежат аллювиальным и водно-ледниковым (флювиогляциальным) осадкам мощностью от 2 до 20 м.

По гранулометрическому составу породы поверхностной формации относятся к супесям, пескам, галечникам и гравиям. В верхнем течении р. Камы на территории Пермского края пойменная терраса и террасы ее притоков часто сложены из тщательно перемытого и отсортированного гравийно-галечного материала. Среди песков преобладают мелкозернистые разновидности.

Район следует считать благоприятным по инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям для наземного строительства и инженерных коммуникаций за исключением пойменных террас

Таблица 2

Результаты анализов песков поверхностных образований
денудационной равнины Предуралья района А1

№ п/п	Показатели	Результат
1	Гранулометрический состав (%), диаметр фракции), мм песок 1,0–0,05 пыль 0,05–0,005 глина менее 0,005	56,16–96,10 3,04–34,30 0,86–9,54
2	Естественная влажность, %	15,48–20,82
3	Коэффициент водонасыщения	0,50–0,87
4	Объемный вес, г/см ³	1,65–2,02
5	Пористость, %	38,90–45,10
6	Коэффициент уплотнения a , см ² /кг	0,005–0,012
7	Угол естественного откоса, град в сухом состоянии под водой	34–36 22–28
8	Коэффициент фильтрации, м/сут	0,024–25,920
9	Категория трудности разработки	I–II

речных долин, где близость к поверхности грунтовых вод требует применения соответствующих мероприятий по производству работ в зоне обводненной территории.

4.3. РАЙОН А2 ПЕРМСКОГО КРАЯ

Для этого района характерно развитие литологических комплексов, входящих в инженерно-геологическую и гидрогеологическую группу скальных и полускальных пород осадочного происхождения, преимущественно кунгурского и уфимского ярусов. Среди них преобладают карбонатные породы: известняки, доломиты, известковые туфы, мергели; и терригенные: песчаники, конгломераты, глинистые сланцы, при этом верхнепермские известняки отличаются разнообразием химического состава.

В принципе эти породы могут быть отнесены к полускальным, но в зоне выветривания могут отличаться малой механической

прочностью, склонны к выветриванию и могут в течении 2–3 лет превратиться в песок.

Песчаники выступают наиболее распространенными среди отложений терригенной формации, и их физико-механические свойства принципиально не отличаются от свойств известняковых пород (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Результаты испытаний известняков
Чикалинского месторождения в Кунгурском районе

Показатели	Значения			Число определе- ний
	мини- мальные	макси- мальные	средние	
Объемный вес, г/см ³	1,74	2,11	1,90	60
Удельный вес, г/см ³	2,52	2,65	2,60	60
Пористость, %	18,23	33,32	26,48	60
Водопоглощение, %	8,10	15,40	12,27	60
Предел прочности на сжатие, кг/см ² в сухом состоянии	50	360	176	60
в водонасыщенном состоянии	45	275	136	60
Степень морозостойкости, количе- ство циклов замораживания		Неморозостойкие		
Коэффициент крепости			2–4	

Поверхностный покров района, как правило, представлен связными пластичными отложениями или слабопластичными (легкие суглинки) и весьма пластичными – пермские глины и продукты выветривания глинистых сланцев. Но наиболее распространенными являются тяжелые суглинки средней пластичности элювиального или делювиального происхождения.

Характеристика делювиальных пород в районе г. Кудымкара приводится в табл. 4.

При этом модуль осадки делювиальных пород при нагрузке 1 кг/см² колеблется от 8 до 29 мм/м, а при нагрузке 4 кг/см² – от 34 до 77 мм/м.

Таблица 4

Результаты анализов элювиально-делювиальных суглинков
с территории г. Кудымкара

№ п/п	Показатели	Результат
1	Гранулометрический состав (% , диаметр фракции), мм песок 0,5–0,05 пыль 0,05–0,005 глина менее 0,005	6,00–31,00 54,00–73,00 10,00–27,00
2	Природная влажность, %	23,35–31,54
3	Объемный вес, г/см ³ при естественных структуре и влажности скелета	1,86–2,05 1,41–1,70
4	Пористость, %	37,00–48,40
5	Показатели пластичности предел текучести предел раскатывания число пластичности	30,90–58,00 15,30–27,40 13–31
6	Угол внутреннего трения	15°45'–18°47'
7	Силы сцепления c , кг/см ²	0,21–0,38
8	Коэффициент уплотнения a , см ² /кг	0,017–0,037

Для более четкой характеристики элювиальных образований приводится пример потерь коренной породой – глинистыми сланцами и песчаниками артинского яруса перми, отложений карбона и сформировавшихся на этой основе элювиальных пород – первоначальных структурных связей и превращение коренной породы в рыхлый материал.

Анализ допустимой нагрузки на элювиальные породы Пермского края при отсутствии на них влияния грунтовых и поверхностных вод возможно принимать от 2 до 3 кг/см² (табл. 5).

При этом поверхностные породы, возможно, могут отличаться малой водопроницаемостью с коэффициентом фильтрации всего 0,000 11–0,145 м/сут. Дебит источников грунтовых вод также может быть ограничен и обычно не выходит за пределы десятых или сотых долей литра в секунду, при этом грунтовые воды делювиальных

и элювиальных отложений имеют часто локальное распространение в виде обособленных мелких замкнутых бассейнов. Водовмещающими породами в элювии выступают прослои разрушенных песчаников и конгломератов, а в делювии – линзы переотложенных песчаных и щебеночно-гравелистых обломков.

Таблица 5

Результаты анализа элювия с территории г. Лысьва

№ п/п	Показатели	Результат
1	Гранулометрический состав (% , диаметр фракции), мм щебень-хрящ, крупнее 2 песок 2–0,05 пыль 0,05–0,005 глина менее 0,005	0,00–44,37 10,58–22,81 25,68–64,06 16,53–34,56
2	Показатели пластичности предел текучести предел раскатывания число пластичности	34–49 19–26 17–23
3	Категория трудности разработки	II–III

Особенность Пермского края заключается в наличии в среднем течении р. Сылвы в районе г. Кунгура приподнятого пенеплена Уфимского плато, занимающего в крае ограниченную площадь и имеющего форму треугольника, с глубоко врезанными каньонообразными речными долинами р. Ирени и Ирпени и их мелких притоков. Междуречные пространства этих водотоков сильно залесены и задернованы.

Эта территория слагается нижнепермскими осадочными толщами, на которых иногда залегают небольшими участками морские и континентальные мезозойские и кайнозойские отложения. Среди нижнепермских осадков развиты два характерных типа пород: гипс – ангидритная толща иренской свиты кунгурского яруса – и известняки, местами доломитизированные известняки и мергели кунгурско-артинского яруса, при этом гипсы и ангидриты по своей прочности соответствуют полускальным грунтам, но вследствие их легкой растворимости они чрезвычайно закарстованы.

В пределах этого района современный рельеф представляет собой типичную карстовую поверхность с множеством карстовых воронок различной конфигурации и размеров, с развитием внутри массивов густой сети карстовых каналов, пещер и крупных пустот. В этом районе находится знаменитая Кунгурская пещера.

На этой площади распространяется иренская свита, у которой нередки провалы и оседания кровли отдельных участков земной поверхности.

Строительству промышленных и гражданских сооружений по всей территории должны предшествовать работы по детальному изучению карстовых явлений выбранного для строительства земельного участка.

Известняки кунгуро-артинского яруса, в отличие от верхнепермских, обладают большой плотностью и механической прочностью (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Результаты испытаний известняков артинского яруса
Пудлинговского месторождения

Показатели	Значения			Число определенных
	мини-мальные	макси-мальные	средние	
Объемный вес, г/см ³	1,93	2,59	2,41	305
Удельный вес, г/см ³	2,66	2,94	2,79	305
Пористость, %	1,20	38,00	13,54	305
Водопоглощение, %	1,24	7,73	3,50	224
Предел прочности на сжатие, кг/см ²				
в сухом состоянии	176	781	353	51
в водонасыщенном состоянии	163	415	256	51
после 25 циклов замораживания	125	353	216	51
Морозостойкость, количество циклов замораживания	Выдерживают 25 циклов			
Коэффициент крепости			3–4	
Категория трудности разработки			V–VI	

Известняки этого яруса – доломитизированные, этим и объясняется повышенный вес этих горных пород Уральских гор.

В пределах восточной окраины Русской платформы и особенно в зоне района А2 встречаются кремнистые (отличающиеся высокой механической прочностью – до 3500 кг/см²) и глинистые разновидности известняков (имеют высокую водопоглощаемость и не выдерживают даже двух циклов замораживания).

Поверхностный покров относительно однообразен и представлен глинистыми и суглинистыми разновидностями, выступающими элювием карбонатных и терригенных формаций.

На рассматриваемой территории развиты делювиальные породы, а в долинах рек – локально аллювиальные отложения.

Грунтовые воды на рассмотренной территории, как правило, залегают достаточно глубоко благодаря эрозионному врезу речных долин и речных русел, поэтому фундаменты поверхностных сооружений возможно располагать за пределами их влияния.

Как правило, с точки зрения инженерной подготовки территории к застройке промышленными предприятиями объем земляных работ при планировочных работах будет относительно не велик в силу холмистого рельефа местности, обеспечивающего поверхностный сток и сток подземных вод.

Исключением из общего правила являются каньонообразные участки долин рек, пригодные для строительства гидроэлектростанций и малоприспособные для размещения промышленных предприятий.

4.4. Б – ГОРНОСКЛАДЧАТЫЙ УРАЛ ПЕРМСКОГО КРАЯ

На территории Пермского края располагаются структурно-фациальные зоны Западно-Уральской складчатости и Центрально-Уральского поднятия, сложенные разнообразным комплексом осадочных, магматических и метаморфических пород, собранных в складки меридионального простирания при широком развитии разрывных деформаций различной ориентации.

Длительная история развития Уральской горной системы сильно усложнила инженерно-геологическую и гидрогеологическую ситуацию.

Для инженерно-геологических и гидрогеологических целей по унифицированным данным в пределах Пермского края выделен ряд районов.

4.5. Б1 – ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЙОН-ОБЛАСТЬ, ПРИУРОЧЕННЫЙ К ОСТАТОЧНЫМ ГОРАМ ЗАПАДНОГО СКЛОНА УРАЛЬСКИХ ГОР, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Этот район протянулся широкой полосой (до 100 км) вдоль западного склона Северного и Среднего Урала и представляет собой холмисто-увалистый ландшафт, состоящий из сравнительно не высоких гряд и холмов, чередующихся с ложбинами меридионального простирания, с перепадами высот от 200 до 350 м и широкими речными долинами с вогнутыми берегами.

Коренные породы – осадочные и метаморфического комплекса в широком возрастном диапазоне – от протерозойских и нижнепалеозойских на востоке до средне- и верхнепалеозойских на западе, с преобладанием карбонатных и терригенных формаций, мощностью среднего палеозоя 6–7 км, а верхнего – до 1,5 км.

Состоят коренные породы в основном из известняков и доломитов, наиболее изученных с инженерно-геологической и гидрогеологической точки зрения.

При освоении Кизеловского угольного бассейна, Архиповского месторождения (г. Чусовой) известняки и доломиты были хорошо изучены. Они обладают высокой и средней прочностью.

Для этих пород характерно снижение механической прочности (до 15 %) из-за наличия, в отдельных случаях, высокой пористости за счет вторичных процессов формирования и образования карст. Каменноугольные же известняки могут выдерживать до 200 циклов замораживания без потери прочностных характеристик.

Относительно разнообразны по вещественному составу песчаники этого района-области. Пробы песчаников карбона (г. Чусовой) имеют механическую прочность 1275–2015 кг/см², а кварцевые песчаники этого же района – 2700–3200 кг/см².

А вот нижнедевонские полимиктовые песчаники в сухом состоянии имеют прочность 1400 кг/см², в мокром – всего 530 кг/см², т.е. в три раза меньше.

Рыхлые поверхностные образования в этом районе представлены четвертичными отложениями различного генезиса с преобладанием делювиальных и элювиальных тяжелосуглинистых, пылеватых и глинистых грунтов, реже встречаются песчаные и супесчаные породы на базе элювия кварцевых песчаников (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Результаты испытаний известняков и доломитов
Архиповского месторождения в районе г. Чусового

Показатели	Значения			Число определений
	минимальные	максимальные	средние	
Объемный вес, г/см ³	2,61	2,75	2,67	168
Удельный вес, г/см ³	2,68	2,86	2,71	112
Пористость, %	0,75	15,10	1,48	112
Водопоглощение, %	0,16	3,44	0,76	168
Предел прочности на сжатие, кг/см ² в сухом состоянии в водонасыщенном состоянии после 25 циклов замораживания	340	2503	1873	168
	260	1849	1681	168
	230	1681	1167	168
Морозостойкость, количество циклов замораживания	Выдерживают 25 циклов			
Коэффициент крепости			8–10	
Категория трудности разработки			VI–VII	

В долинах р. Чусовой, Косьвы, Губахи развиты аллювиальные отложения глинистого, иловатого содержания, а также галечника и валунов.

Мощность четвертичных отложений колеблется от нуля до 15–20 м.

Нагрузки на элювиальные породы района-области допускаются не более 1–1,5 кг/см², делювиальные – 1,5–2,5 кг/см² и в исключительных случаях – не более 3 кг/см².

Грунтовые воды залегают обычно на значительных глубинах вне воздействия на них оснований и фундаментов промышленных сооружений и, как правило, безнапорны.

Но не исключаются случаи нахождения в элювиальных, делювиальных отложениях верховодок на глубинах от 1,5 до 3 м, которые отводятся от сооружений дренажными системами.

Минерализация вод не велика, воды обычно не агрессивны к бетону.

Коэффициент фильтрации водоносных пород различен и колеблется в зависимости от состояния породы: аллювиальные суглинки, супеси – 0,12–0,8 м/сут; известняки, песчаники – от 0,007 до 40 м/сут, а в отдельных случаях может быть до 350 м/сут.

В этом районе-области сильно развит карст, по Кизеловскому угольному бассейну зарегистрировано около 1500 карстовых воронок, что составляет 20–30 воронок на 1 км². Размеры воронок в поперечнике и глубина колеблется от нескольких метров до десятков метров и более.

Подземный карст вскрыт на глубинах до 1 км, здесь имеет место явление поглощения речных водотоков и перевод их в подземное русло на относительно большие расстояния (до 7–8 км) с последующим выходом на дневную поверхность.

4.6. Б2 – ОБЛАСТЬ ОСТАТОЧНЫХ ГОР ОСЕВОЙ ЗОНЫ УРАЛЬСКИХ ГОР, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Эта область почти целиком размещается в пределах Центрально-Уральского поднятия Пермского края

На Северном и Центральном поднятии наблюдается типичный среднегорный ландшафт со сглаженными вершинами и широ-

кими межгорными долинами, перепад высот составляют в среднем до 400 м, а в районе г. Суксуна и перевала в Зауралье на трассе Суксун – Ачит – 300 м.

По инженерно-геологическому и гидрогеологическому направлению этот район Пермского края изучен в общих чертах в связи с отсутствием в нем крупных промышленных производств.

4.7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРМСКОГО КРАЯ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрогеологические особенности Пермского края можно сопоставить только с Зауральем в Свердловской области и частично Челябинской и Курганской областями, расположенными на территории Уральской горной системы.

В период освоения уральских месторождений полезных ископаемых впервые начали сталкиваться с подземными водами глубокого расположения, а когда были начаты работы по бурению скважин для поиска нефти, были получены первые материалы по водоносным горизонтам на значительных глубинах, сведений о которых ранее практически не было.

За последние годы прошлого века многое было решено в вопросе гидрогеологического картирования специальной научно-производственной гидрогеологической экспедицией, располагавшейся в Пермском крае.

Накопленный фактический материал позволил показать закономерность формирования, распространение и распределение подземных вод, их динамику, определить гидрохимическую зональность. Все эти работы проведены в полном соответствии со структурно-геологическим строением Уральских гор.

Западная часть Пермского края по гидрогеологическим особенностям отнесена к восточной окраине Восточно-Русского артезианского бассейна, где на поверхность последовательно выходят водоносные горизонты и комплексы пермских отложений.

Гидрогеологическая система Восточно-Русского артезианского бассейна как сформированная в платформенных условиях ранее считалась единой, но материалы последних десятилетий позволили выделить бассейны второго порядка – восточную окраину Волго-Камского артезианского бассейна и Предуральского артезианского бассейна, а также раскрытый бассейн трещинно-карстовых вод пермско-башкирского свода, которые значительно отличаются от других артезианских бассейнов по условиям формирования подземных вод.

Если ранее считалось, что на Уральских горах существует единая система артезианских бассейнов, то в настоящее время в этой системе выделены четкие понятия о вторичных бассейнах Западно-Уральской складчатости, Центрального поднятия, расположенных в границах Пермского края. Эти бассейны по вопросам распространения и накопления подземных вод резко отличаются от платформенных образований подземных вод.

Среди уральских подземных вод выявлены локальные зоны, которые приурочены к зонам повышенной трещиноватости и обладают обильной водоносностью.

Впервые на Урале, в том числе и в Пермском крае, проведено инженерно-геологическое и гидрогеологическое районирование территории с выделением районов и регионов специфических горных образований и источников подземных вод.

Значение инженерной гидрогеологии в предпроектных проработках по строительству наземных сооружений очень велико, так как знание режимов и поведения подземных вод при производстве работ в период строительства и при дальнейшей эксплуатации сооружений – это гарантия безаварийной эксплуатации зданий и промышленных объектов на расчетный срок.

Общеизвестно, что во всех крупных городах мира уровень грунтовых вод неуклонно повышается. Еще 40–50 лет назад грунтовые воды находились на глубинах, они не оказывали воздействия на грунтовое основание сооружений. При этом не было необходимости учитывать наличие грунтовых вод, так как эти воды не влияли на прочностные характеристики грунтов.

Поднятию грунтовых вод способствуют утечки из инженерных сетей и нарушение поверхностного стока после благоустройства территорий.

В настоящее время грунтовые воды в городах поднялись под сооружениями на предельно допустимый уровень, и в этом случае необходимо задумываться о специальных мероприятиях для обеспечения сохранности городских сооружений.

Инженерная гидрология и гидрогеология могут предусматривать такое развитие ситуаций с грунтовыми водами на локальных сооружениях и в целом по застраиваемой территории и выдавать решения по урегулированию движения грунтовых вод.

Знание законов и положений гидрогеологии и инженерной геологии позволит предметно решать задачи по строительству и эксплуатации сооружений на территории Пермского края.

Вопросы по четвертой главе

1. По какому принципу выполнено инженерно-геологическое районирование территории Пермского края?

2. Сколько формирований в инженерно-геологическом районировании Пермского края? Их названия и обозначения.

3. Сколько областей содержится в инженерно-геологических формированиях районирования Пермского края? Их названия и обозначения.

4. Достаточно ли изучена территория Пермского края в пределах района А – восточной окраины Русской платформы – на наличие карст?

5. Считается ли район А1 – восточной окраины Русской платформы и Предуральяского прогиба, – располагающийся на территории Пермского края, благоприятным для выполнения наземного строительства? Какие мероприятия необходимо выполнять при строительстве и эксплуатации выбранной территории в случае ее обводнения?

6. При каких условиях возможно строительство наземных сооружений и инженерных коммуникаций в районе А2 – восточной

окраины Русской платформы и приподнятой равнины Уфимского плато, располагающегося на территории Пермского края?

7. Характеристика территории Пермского края, которая располагается на структурно-фациальной зоне Западно-Уральской складчатости и Центрально-Уральского поднятия.

8. Особенности выполнения строительства наземных сооружений и инженерных коммуникаций в районе Б1 – инженерно-геологическом и гидрогеологическом районе, приуроченном к остаточным горам западного склона Уральских гор, располагающегося на территории Пермского края.

9. Характеристика территории Пермского края, которая располагается в районе Б2 – области остаточных гор осевой зоны Уральских гор.

10. Каково значение выводов и заключений по инженерной геологии и гидрогеологии территории Пермского края, где наблюдается поднятие грунтовых вод в городах и населенных пунктах, для сохранности существующих зданий и сооружений?

ГЛАВА 5. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РАЙОНАХ ОПАСНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Специфика гидрогеологической обстановки Пермского края характеризуется сложностью геологии и гидрологии, которая влияет на безопасность возведенных сооружений наземного и подземного размещения.

Досконально известно, что подземные воды играют значительную роль в формировании геологических процессов, они четко реагируют на хозяйственную деятельность человека и являются причиной или действующим фактором большинства инженерно-гидрогеологических процессов.

Основные гидрогеологические особенности Пермского края определяются наличием на территории края разнообразия орографических и геологических условий.

В гидрогеологическом районировании четко выделены равнинная (западная и центральная) часть Пермского края, которая находится в пределах Восточно-Русского артезианского бассейна, и горная (восточная) – входит в Уральскую систему бассейнов грунтовых вод трещиноватости Уральских складчатых гор.

Для восточной окраины Восточно-Русского артезианского бассейна характерны платформенные условия формирования подземных вод при развитом слое (до 2 км) осадочных слабодислоцированных пород различного возраста и генезиса.

Водоносные горизонты и комплексы имеют этажное расположение и отделяются друг от друга водоупорными толщами.

Для Пермского края характерна четкая вертикальная гидрохимическая зональность, выражающаяся в изменении с глубиной химического состава и минерализации подземных вод.

По условиям взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов с поверхностью в пределах Пермского края выделяются две гидродинамические зоны:

1. Верхняя гидродинамическая зона свободного водообмена, которая представляет верхний ярус подземной гидросферы, находящийся под активным дренирующим воздействием гидрографической сети и испытывающий влияние современных климатических условий и рельефа. В этой зоне возводятся фундаменты и конструкции сооружений, поэтому инженерно-защитные элементы должны учитывать и предусматривать все возможные варианты возведения этих конструкций.

2. Нижняя гидродинамическая зона затруднительного водообмена, к которой относятся все древние водоносные горизонты и комплексы, залегающие ниже гипсоангидритовой иренской толщи, являющейся региональным водоупором, не имеет связи с поверхностью и характеризуется застойным режимом с рассольной минерализацией. В этой зоне могут размещаться объекты горнодобывающей промышленности края, для которых защитные инженерные сооружения связаны с горнопроходческими работами. При многолетней эксплуатации подземных сооружений (шахтных стволов, горных выработок подземных месторождений полезных ископаемых, расположенных в Пермском крае) для выявления начала особо опасных гидрогеологических процессов необходимо выполнять мониторинг гидрогеологической ситуации определенного конкретного объекта.

Особое внимание следует уделять объектам, расположенным в Предуральском артезианском бассейне, в котором отсутствует региональный водоупор, разделяющий зону свободного и затрудненного водообмена.

В зоне активного водообмена Пермского края находится верхняя часть разреза нижнепермских отложений, уфимские и четвертичные породы, залегающие на поверхности.

Особую систему инженерной защиты сооружений необходимо предусматривать в связи с наличием в крае двух громадных водохранилищ (Камского моря и Воткинского водохранилища).

Все строящиеся и эксплуатируемые сооружения (в том числе жилые здания) должны быть защищены от опасных воздействий

подземных и грунтовых вод, оползней, обвалов, карст, подтопления и затопления территорий.

При проектировании мероприятий инженерной защиты необходимо неукоснительно выполнять требования официально принятой Правительством России нормативной и правовой документации.

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

При проектировании инженерной защиты сооружений (существующих или строящихся) необходимо:

- Выполнить инженерно-геодезические, инженерно-геологические и инженерно-гидрометеорологические и гидрогеологические изыскания.

- Провести технико-экономическое сравнение возможных вариантов решений инженерной защиты.

- В методиках защиты от особо сложных сочетаний опасных гидрогеологических процессов следует разрабатывать специальные технические условия.

- Инженерные изыскания выполнять по заданию проектной организации в соответствии с требованиями государственных стандартов и действующих строительных норм и правил.

5.2. МЕРОПРИЯТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

Мероприятия инженерной защиты должны:

- Предотвращать или снижать до допустимого уровня опасные отрицательные воздействия гидрогеологического фактора на защищаемую территорию и связанные с ними возможности появления опасных процессов.

- Применять активные методы защиты и не допускать интенсификации действующих геологических, гидрогеологических процессов или возникновения новых на защищаемой территории.

– Организовывать мониторинг наблюдений за отдельными конструктивными элементами сооружений и в целом за сооружениями инженерной защиты.

– Предоставлять возможности выполнять реконструкцию существующих сооружений специальной инженерной защиты.

Специальные конструктивные решения и мероприятия для инженерной защиты сооружений от гидрогеологического воздействия должны соответствовать строгой технологической последовательности выполнения работ.

В составе инженерной защиты необходимо предусматривать организационно-технические мероприятия, предотвращающие гибель людей, исключая возникновение аварийных ситуаций или создающие условия для снижения аварийной ситуации и снижающие возможный ущерб.

Строительство новых сооружений и проведение мероприятий инженерной защиты не должны приводить к активизации опасных геологических и гидрогеологических процессов на примыкающих территориях (заболочиваемости местности, активизации оползней, деформации существующих или строящихся зданий).

Работы по освоению и застройке (или реконструкции) территорий, где имеются опасные предпосылки по возникновению нештатных ситуаций воздействия гидрогеологических факторов, следует начинать только после выполнения первоочередных мероприятий по их защите от опасных геологических и гидрогеологических процессов.

Класс сооружений инженерной защиты назначается в зависимости от класса или категории защищаемого объекта, но если на защищаемой территории находятся сооружения с разной категорией или классом, то отдельные объекты могут иметь локальные сооружения инженерной защиты, соответствующие категории или классу защищаемого объекта.

Нагрузки и воздействия, которые следует учитывать в расчетах при проектировании сооружений или мероприятий инженерной защиты, необходимо принимать по указаниям действующей нормативной документации (СНиПов, ГОСТов и т.д.).

5.3. ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В городах и поселениях Пермского края официально зарегистрировано *пять процессов*:

1. Оползневые явления на склонах оврагов и берегов речных долин при насыщении их ливневыми или паводковыми водами, что наблюдается в восточной части территории в районе восточной окраины Восточно-Русского артезианского бассейна.

2. Обвалы на территории складчатой Уральской системы, в верховьях горных рек при долинах каньонного типа.

3. Карстовые процессы на значительной части территории, на которых карст имеет выходы на дневную поверхность или находится на определенных глубинах.

4. Подтопление территорий характерно для западной части Пермского края и районов, прилегающих к зонам затопления водохранилищ.

5. Переработка (или подработка) берегов созданных водохранилищ приводит к динамике береговой черты (изменение уреза) и отторжению селитебных территорий поселений, расположенных на берегах этих рукотворных водоемов.

5.4. ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫЕ И ПРОТИВООБВАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ, КОТОРЫЕ ВОЗМОЖНО ПРИМЕНЯТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Для создания в опасных гидрогеологических зонах сооружений инженерной защиты от оползней и обвалов рекомендовано:

- изменение рельефа склона;
- устройство разгрузочных берм;
- сооружение нагорных водоотводных канав и при необходимости устройство дренажных систем для отвода грунтовых или подземных вод в целях повышения устойчивости склона;

– выполнение мероприятий по агролесомелиорации, искусственное закрепление грунтов, возведение удерживающих сооружений типа подпорных стенок.

Если проведение вышеперечисленных мероприятий не гарантирует защиту сооружений, предназначенных к сохранению, а также в случаях невозможности по техническим причинам или нецелесообразности активной защиты, следует предусматривать мероприятия пассивной защиты сооружений.

На берегах водохранилищ и рек дополнительно необходимо соблюдать противооползневые и противообвальные мероприятия.

5.5. ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Если в грунтовых основаниях сооружений присутствуют растворимые горные породы – доломиты, известняки, каменная соль, гипсы, ангидриты и карстовые проявления на поверхности (воронки, котловины, поноры и т.д.) или в глубине грунтового массива определены разуплотнения грунтов, пещеры, полости, вклюдзы, то обязательно должны быть выполнены при строительстве сооружений противокарстовые мероприятия.

В материалах изысканий должны быть описаны карстовые проявления, характер угрожающей опасности, ее динамика и режим.

В качестве основных противокарстовых мероприятий могут быть предусмотрены:

- устройство оснований зданий, сооружений ниже зоны карстовых проявлений;
- заполнение карстовых полостей;
- искусственное ускорение формирования карстовых полостей;
- создание искусственных водоупоров и противофильтрационных завес;
- закрепление и уплотнение грунтов на расчетную глубину;
- водопонижение и регулирование режима подземных вод;
- организация поверхностного стока;

– расчет конструкций возводимых сооружений и зданий с учетом сохранения целостности и устойчивости при возможных деформациях грунтовых оснований.

5.6. ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ БЕРЕГОВ РЕК И ВОДОХРАНИЛИЩ

Движение речных потоков в пределах поселений или территорий промышленных предприятий часто, особенно в паводковый период, размывает берега и наносит непоправимый вред освоенным территориям.

Для предупреждений негативных последствий от пропуска паводковых вод береговую линию реки защищают устройством набережных, выполняемых из монолитного железобетона, железобетонных плит, крепления типа габион, укладываемых на гравийно-песчаное основание.

Габионами называют ящики, выполненные из нержавеющей металла или другого материала, наполненные бутовым камнем. Габионы укладываются рядами на подготовленный фундамент и служат защитой берега или крутого откоса от размыва поверхностными водами.

Проектирование защитного сооружения берегового укрепления должно предусматривать устройство обратного фильтра для выпуска вод, просочившихся (профильтрованных) в береговую зону ограждения.

Перед началом работ по проектированию береговых защитных сооружений изучают динамику руслового потока, направление его движения и скоростные характеристики, влияющие на прочностные характеристики гидротехнического сооружения.

Для сохранения берега реки от размыва необходимо выполнить отведение руслового потока в зону гашения его энергии путем расчистки (прочистки) русла реки плавучими земснарядами или с помощью экскаваторов типа драглайн.

Мероприятие по сохранению участка берега реки от размыва может быть осуществлено строительством струенаправляющих полузапруд, которые отклоняют от берега течение руслового потока.

Защита береговой черты водохранилищ осуществляется от волнового воздействия при штормовых ситуациях и при наличии значительных расстояний, по которым волны разгоняются.

На Камском море эти расстояния могут быть равными нескольким десяткам километров, при этом высота волны может достигать трех и более метров.

Наиболее эффективные сооружения для сохранения береговой линии водохранилища – набережные и волногасители из бетонных конструкций.

5.7. ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ ИЛИ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Наиболее эффективным защитным сооружением от затопления является искусственное поднятие отметок существующей дневной поверхности, образование на затопляемой территории в паводковый период незатопляемых участков.

Поднятие отметок поверхности можно выполнить двумя способами: сухим с подвозкой грунта автотранспортом и гидронамывом (пример – создание территории «Камской долины» в г. Перми), когда гравийно-песочная смесь или гравийная масса перемещается по трубам вместе с водой к месту укладки.

Второй способ сохранить от затопления территорию – возведение ограждающих дамб. Дамбы выполняются из насыпных водонепроницаемых грунтов с послойным уплотнением строительными самоходными катками или механизмами с виброустановками. Для откачки дождевой воды и грунтовых вод с огражденной для затопления территории устанавливают дренажные насосные станции.

Подтопления территорий грунтовыми или поверхностными водами рек и водохранилищ при их поднятии до критических отметок возможно избежать только применяя строительство дренажных насосных станций, удерживающих уровень грунтовых вод на заданных отметках.

Вопросы по пятой главе

1. Какие две гидродинамические зоны выделены в Пермском крае?
2. Характеристика верхней гидродинамической зоны Пермского края.
3. Характеристика нижней гидродинамической зоны Пермского края.
4. По какой причине необходимо уделять особое внимание строящимся и эксплуатируемым объектам, расположенным в Предуральском артезианском бассейне Пермского края?
5. Перечислите общие положения об инженерной защите сооружений Пермского края от опасных гидрогеологических процессов.
6. Перечислите конкретные мероприятия, которые должны предусматриваться для сохранности строящихся и эксплуатируемых сооружений и инженерных коммуникаций от негативного воздействия гидрогеологических процессов в Пермском крае.
7. Перечислите пять официально зарегистрированных опасных гидрогеологических процессов, зафиксированных в Пермском крае.
8. Перечислите противооползневые и противообвальные мероприятия, которые необходимо предусматривать при строительстве и эксплуатации сооружений и инженерных коммуникаций в Пермском крае.
9. Перечислите противокарстовые мероприятия, которые необходимо выполнять при строительстве и эксплуатации сооружений и инженерных коммуникаций в зонах Пермского края, имеющих растворимые горные породы в грунтовых основаниях.
10. Перечислите мероприятия по сохранению берегов рек и водохранилищ в населенных пунктах Пермского края от подработки – размыва водой.

11. Перечислите способы защиты территорий Пермского края от затопления и подтопления водой.

12. Каковы негативные последствия техногенного или природного подъема грунтовых вод на территории Пермского края для существующих зданий?

13. Как с точки зрения законов и процессов гидрогеологии можно объяснить произошедшие за последние 10–15 лет техногенные аварии на подземных предприятиях Пермского края?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Человечество с древних времен добывает полезные ископаемые, сконцентрированные на значительных глубинах нашей планеты. Для этого строятся шахты или открываются карьеры, достигающие глубин от нескольких сот метров до километра и более.

При этом приходится вскрывать глубоко расположенные горизонты артезианских бассейнов или проходить водонасыщенные горные породы.

В каждом конкретном случае применяются те или иные способы борьбы с затоплением шахт или карьеров, в основном применяют технологии, связанные с созданием местных водопупоров, обеспечивающих сохранность сооружений, или строительством насосных станций, откачивающих подземные воды на поверхность.

В случаях, когда грунтовые воды располагаются близко от дневной поверхности, устраивают дренажные системы со свободным истечением или же с принудительной откачкой насосами (насосные дренажные станции).

Близкое к поверхности расположение грунтовых вод значительно усложняет процесс возведения фундаментов сооружений, а в эксплуатационный период обязывает выполнять систематический мониторинг колебаний уровня этих вод и своевременно принимать меры по его стабилизации на расчетных отметках.

Особенно негативные последствия имеет самопроизвольный или техногенный подъем грунтовых вод в грунтовом основании для существующих сооружений, так как при этом влагоемкие грунты теряют свои прочностные характеристики, что приводит к аварийному состоянию несущих конструкций.

В этом случае сооружение начинает деформироваться, появляются деформационные трещины на несущих конструкциях, что особенно четко просматривается на поверхностях ненесущих стеновых конструкций.

Единственно правильное решение по сохранению сооружения от немедленного демонтажа – выполнение мероприятий по упрочнению грунтового основания методом инъекций специальными смолами или цементным раствором.

Просчеты, допущенные при проектировании сооружений без учета реального воздействия подземных вод на фундаменты, сокращают нормативные сроки эксплуатации и приводят к непредвиденным финансовым потерям. Именно поэтому необходимо изучать особенности подземных вод территории.

Изучение подземных вод на территории Пермского края в прошлом столетии внесло не только теоретический, но и практический вклад в развитие экономики и промышленного потенциала края.

Впервые была составлена гидрогеологическая карта края в масштабе 1 : 1000 000, дана новая оценка ресурсов подземных вод.

Впервые для Урала проведено инженерно-геологическое районирование масштабом 1 : 2500 000.

По Пермскому краю составлена схема гидрогеологического районирования территории (Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края, 2006).

По каждому району дана соответствующая характеристика литологического состава и описаны инженерно-геологические свойства горных пород не только как оснований сооружений, но и как строительного материала и среды, где производятся горные работы.

Сложность территории Пермского края в ее расположении в зоне складчатости Урала и восточной окраины Восточно-Европейской платформы.

На территории Пермского края зарегистрировано только около семидесяти опорных родников подземных вод, нанесенных на гидрогеологическую карту Урала, это говорит об еще недостаточной изученности гидрогеологических особенностей края.

В настоящее время работы по дальнейшему изучению гидрогеологических особенностей края значительно сокращены, многие производственные предприятия этого направления оптимизированы, сокращены или перестали существовать.

Многие аварийные ситуации техногенного происхождения на подземных предприятиях края связаны именно с гидрогеологическими факторами. Провалы поверхности в Березниках, затопление шахт в Кизеловском угольном бассейне – все это недооценка сложности гидрогеологического строения территории Пермского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстой М.П., Малыгин В.А. Основы геологии и гидрогеологии. – М.: Недра, 1976. – 279 с.
2. Гидрогеология СССР. Т. 14. Урал / ред. В.Ф. Прейс. – М.: Недра, 1972. – 648 с.
3. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрогеология: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2005. – 463 с.
4. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия. – Пермь: Книжная площадь, 2006. – 464 с.

Учебное издание

Плеханов Михаил Сергеевич

**ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Учебное пособие

Редактор и корректор *В.В. Мальцева*

Подписано в печать 10.08.2012. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 11,0. Тираж 100 экз. Заказ № 154/2012.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.