

УЧЕНИЕ О ГИДРОСФЕРЕ. ОСОБЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Конспект лекций для студентов II курса
географического и биологического факультетов



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Кафедра гидрологии
и охраны водных ресурсов*

УЧЕНИЕ О ГИДРОСФЕРЕ. ОСОБЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Конспект лекций для студентов
географического и биологического факультетов



Пермь 2016

*Составитель: ассистент кафедры гидрологии
и охраны водных ресурсов А. А. Шайдулина*

Учение о гидросфере. Особые водные объекты:
конспект лекций для студентов географического и
биологического факультетов / сост. А. А. Шайдулина;
Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – 36 с.

Раскрываются различные гидрологические аспекты так
называемых «особых водных объектов» – ледников и
подземных вод. Дается краткая история изучения, представлены
классификации и типизации особых водных объектов.
Отдельные главы посвящены взаимодействию и взаимному
влиянию ледников, подземных вод и водного режима рек.

Издание предназначено для студентов II курса
географического и биологического факультетов, изучающих
дисциплины «Учение о сферах Земли», «Учение о гидросфере»,
и студентов I курса биологического факультета, изучающих
дисциплину «Гидрология и гидрохимия».

*Печатается по решению методической комиссии
географического факультета Пермского государственного
национального исследовательского университета*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Гидрология ледников.....	7
1.1. Исторический очерк развития ледниковедения.....	8
1.2. Условия возникновения и существования ледников	10
1.3. Образование и строение ледников.....	13
1.4. Типы ледников.....	15
1.5. Особенности режима рек с ледниковым питанием...	18
2. Гидрология подземных вод.....	22
2.1. История развития науки о подземных водах.....	22
2.2. Происхождение подземных вод.....	24
2.3. Водно-физические свойства почвогрунтов.....	26
2.4. Классификации подземных вод.....	28
2.5. Взаимодействие поверхностных и подземных вод.	
Роль подземных вод в питании рек.....	32
Библиографический список.....	35

ВВЕДЕНИЕ

Известный русский ученый В.И. Вернадский писал: «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных, геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое ее бы не заключало. Все земное вещество ею проникнуто и охвачено».

Природные воды Земли формируют ее *гидросферу*. Под гидросферой понимают прерывистую водную оболочку земного шара, расположенную на поверхности земной коры и в ее толще, представляющую собой совокупность океанов, морей и водных объектов суши (рек, озер, болот, подземных вод), включая снежный покров и ледники. В этой трактовке гидросфера не включает атмосферную влагу и воду в живых организмах.

Самым простым из толкований термина «гидросфера» является ее понимание как водной сферы, находящейся между атмосферой и литосферой.

Существует и еще одно, более широкое определение гидросферы [1], в которое включены все природные воды Земли, участвующие в глобальном круговороте веществ, в том числе подземные воды в верхней части земной коры, атмосферная влага и вода в живых организмах.

Это широкое понимание является наиболее правильным. В этом случае гидросфера – это не прерывистая оболочка. При такой трактовке возникает новая, малоизученная проблема «взаимопроникновения» различных геосфер (гидро–, лито– и атмосферы) друг в друга.

Наукой, изучающей природные воды Земли, сосредоточенные в поверхностных и подземных водных объектах, происходящие в них явления и процессы с целью установления закономерностей их развития, является *гидрология*.

Водные объекты – это скопление природных вод на земной поверхности или в верхних слоях земной коры, обладающих определенным гидрологическим режимом. Водные объекты могут быть постоянными и временными (пересыхающими).

Выделяют 3 группы водных объектов – водотоки, водоемы и особые водные объекты.

К водотокам относят водные объекты на земной поверхности с поступательным движением воды в руслах в направлении уклона (реки, ручьи, каналы).

Водоемы – это водные объекты в понижениях земной поверхности с замедленным движением вод (океаны, моря, озера, водохранилища, пруды и болота).

Особые водные объекты – ледники и подземные воды (водоносные горизонты и артезианские бассейны).

Изучение всех водных объектов находится в ведении *общей гидрологии*, включающей отдельные подразделы. Наукой о природных льдах во всех их разновидностях на поверхности земли, в атмосфере, гидросфере и литосфере является *гляциология*, в которой выделяют несколько отраслей, в том числе *ледниковедение*.

Гидрология подземных вод изучает воды, находящиеся в свободном состоянии в верхней части земной коры. Почвенный покров и первые метры толщи горных пород представляют собой область повышенного интереса для гидрологов, поскольку именно здесь происходит взаимодействие поверхностных и подземных вод.

1. ГИДРОЛОГИЯ ЛЕДНИКОВ

Природный снег и лед в мире подразделяется на следующие формы:

наземные:

- атмосферные (снег, иней, град, гололед);
- многолетние (ледники, многолетние наледи и снежники);
- сезонные (снежный покров, обычные наледи);

плавающие:

- многолетние (паковые льды, айсберги);
- сезонные (морские льды, озерные и речные льды);

подземные (многолетние подземные льды).

Ледник – это масса фирна и льда, образовавшаяся путем длительного накопления и преобразования твердых атмосферных осадков и обладающая собственным движением.

Множество ледников, объединенных общими связями с окружающей средой и внутренними взаимосвязями и свойствами, образуют *оледенение*, или *ледниковую систему*.

Площадь современного оледенения на планете занимает 10,9 % поверхности суши. Запасы воды во всех ледниках мира составляют примерно 25,8 млн км³, что составляет 70,2 % объема всех пресных вод на Земле [1]. Общие запасы воды в ледниках России составляют около 15,1 тыс. км³. Самые крупные ледники в нашей стране находятся на островах Новая

Земля и Северная Земля. Запасы воды в горных ледниках России невелики.

1.1. Исторический очерк развития ледниковедения

Становление любой науки проходит несколько этапов развития. Первый этап развития гляциологии был преимущественно описательным и характеризовался накоплением сведений о формах оледенения стран умеренного климата. Одно из первых описаний ледников относится к концу XVIII в. Это сочинение швейцарского естествоиспытателя О. Соссюра «Путешествие в Альпы» (1779—1796). В XIX в. наметился общий круг проблем гляциологии, изучение которых требовало систематических наблюдений и материалов о ледниках и знаний о физике льда. Методы исследований были примитивны и носили, в основном, описательный характер. Многие закономерности горного оледенения не всегда обоснованно распространялись на все другие типы ледников.

Большое значение для становления гляциологии имели труды зарубежных ученых: Л. Агассиса, Д. Форбса, Дж. Тиндаля, Ф. Фореля, С. Финстервальдера, А. Гейма, Р. Клеббельсберга, Х. Рейда и др. В России исследования ледников проводились со 2-й половины XIX в. в основном по инициативе Русского географического общества (здесь была создана так называемая ледниковая комиссия под руководством И. В. Мушкетова). Большой вклад в изучение развития ледников внесли такие известные отечественные ученые, как Н.А. Буш,

В.И. Липский, В.Ф. Ошанин, К.И. Подозерский, В.В. Сапожников, М.В. Тронов, Б.А. Федченко, П.А. Кропоткин и др.

В XX в. начался второй этап развития гляциологии, отличающийся обширными исследованиями полярного оледенения, природы льда, сущности физических явлений в ледниках, организацией стационарных работ на ледниках, применением ряда новых точных методов (фотограмметрия, аэрофотосъёмка, геофизическое зондирование, пылецевой анализ, термическое бурение и др.). Серьёзным достижением этого периода является постановка работ по определению реологических характеристик льда (Д. Глен, К.Ф. Войтковский и др.) и петрографических особенностей различных видов льда, отождествляемых с горными породами (П.А. Шумский). Собирали и проанализирован обширный материал о колебаниях ледников и их географическом распространении. Открыты новые ледники, и даже районы современного оледенения, в том числе на Урале, Восточном Саяне, в бассейне р. Индигирка, на полуострове Таймыр, в Корякском и Становом нагорьях. Опубликованы монографии по современному оледенению: для Северного полушария (под ред. В. Филда), Высокой Азии (Г. Висман) и других районов Земли. В СССР были изданы описания и каталоги ледников Кавказа (К.И. Подозерский, П.А. Иваньков), Алтая (М.В. Тронов), Средней Азии (Н.Л. Корженевский, Н.Н. Пальгов, Р.Д. Забиров), Камчатки (П.А. Иваньков), Советской Арктики (П.А. Шумский), Антарктиды

(П.А. Шумский и др.), дана общая картина оледенения горных районов СССР (С. В. Калесник). Снежный покров и динамику ледников различных регионов земли, а также особенности оледенения Земли в целом рассматривал в своих фундаментальных монографиях В. М. Котляков. На основе новых данных, полученных в результате проведения Международного гидрологического десятилетия (1965—1975), был составлен Каталог ледников СССР. В конце 1990-х гг. выпущен многотомный Атлас снежно-ледовых ресурсов мира (АСЛРМ) под общей научной редакцией академика В. М. Котлякова, над созданием которого около 20 лет трудились все гляциологи СССР, позже — России и стран СНГ.

1.2. Условия возникновения и существования ледников

С увеличением высоты местности температура воздуха постепенно падает, и на некоторой высоте, различной для каждого географического района, осадки выпадают только в виде снега. В каждый момент времени можно найти границу между поверхностью, покрытой снегом, и поверхностью, где снега нет. Эта граница, которая называется *сезонной снеговой линией*, способна смещаться в течение года [2]. Граница, выше которой снег не стаивает полностью даже летом из-за недостатка тепла, называется *климатической снеговой линией* (рис. 1). Выше климатической снеговой линии наблюдается

положительный, ниже нее – отрицательный, а на самой линии – нулевой снеговой баланс.

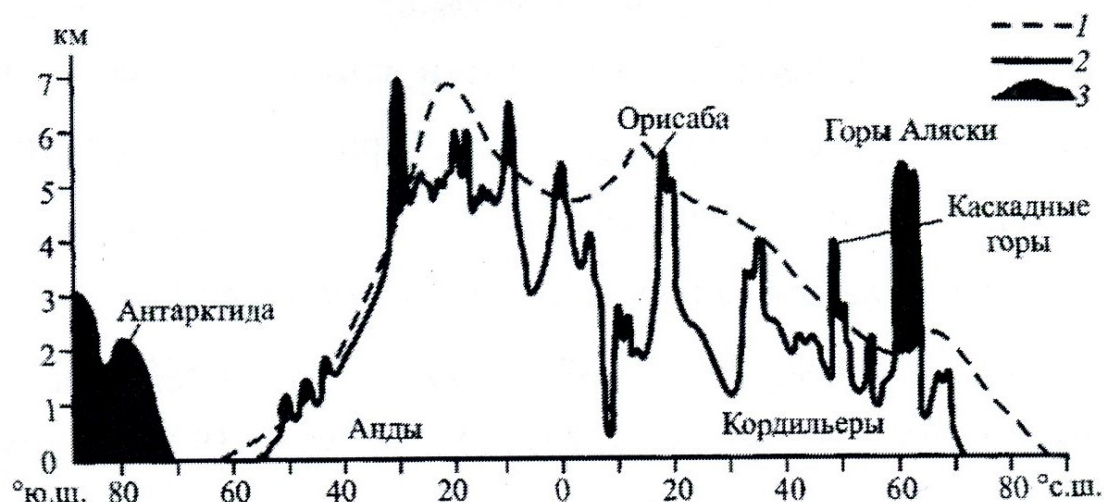


Рис. 1. Положение границ климатической снеговой линии 1 – на разных широтах вдоль южноамериканских Анд и североамериканских Кордильер (по В.М.Котлякову [3]); 2 – рельеф земной поверхности; 3 – области современного оледенения

В зависимости от климатических условий района и преимущественно от температуры и количества выпадающих осадков высота снеговой линии изменяется в достаточно широких пределах. Так, на Шпицбергене снеговая линия проходит на высоте около 460 м над уровнем моря, на вулкане Поучата в Южной Америке она лежит на высоте 6120 м, в Гималаях ее высота колеблется от 4900 до 6000 м, в Экваториальной Африке (Килиманджаро) – на 5200 м, на Кавказе 2700 – 3800 м.

Положение снеговой линии зависит также от орографии местности, поэтому различают еще **орографическую снеговую линию**. Роль орографических условий в развитии процессов оледенения не так велика, как роль климатических факторов, но

в отдельных случаях они являются весьма существенными. Так, на Северном Урале вследствие небольших высот ни одна из вершин не имеет постоянных снегов, но в глубоких и сильно затененных понижениях между горами встречаются небольшие ледники (ледник Гофмана), залегающие на сравнительно небольших высотах (от 600 до 1200 м).

Значительное влияние на положение снеговой линии оказывает экспозиция склонов гор, т.е. ориентировка их относительно стран света, и степень увлажненности района. Как правило, в северном полушарии на северных склонах хребтов снеговая линия ниже, чем на южных. Разница в высоте в зависимости от местных условий может составлять несколько сотен м (300-800). В более влажных районах снеговая линия при прочих равных условиях располагается ниже, чем в местах с менее обильными осадками. Поэтому снеговая линия на окраинах горных массивов часто лежит ниже, чем во внутренних частях горных областей. Так, на внешних горных хребтах советской Средней Азии (Гиссарском, Туркестанском, Заалайском, Джунгарском и др.) высота снеговой линии составляет 3000 – 3600 м. Вглубь горных областей высота эта увеличивается, достигая на Центральном и Южном Памире 5000 – 5500 м.

1.3. Образование и строение ледников

На каждом леднике можно выделить две области: верхнюю, где идет накопление снега, фирна и льда, и нижнюю, где лед, переместившийся из первой области, тает. Эти области называют соответственно *областью питания* (аккумуляции) и *областью абляции* (расхода).

Свежевыпавший снег состоит из тонких таблитчатых гексагональных кристаллов, многие из которых имеют изящную решетчатую форму. Пушистые снежинки, которые падают на многолетние снежники, в результате таяния и вторичного замерзания превращаются в зернистые кристаллы ледяной породы, называемой *фирном* (зерна в диаметре могут достигать 3 мм и более). Слой фирна имеет сходство со смерзшимся гравием. По мере накопления снега и фирна нижние слои последнего уплотняются и трансформируются в твердый *фирновый лед* и, все более уплотняясь, превращается в твердый *глетчерный лед* (рис. 2).

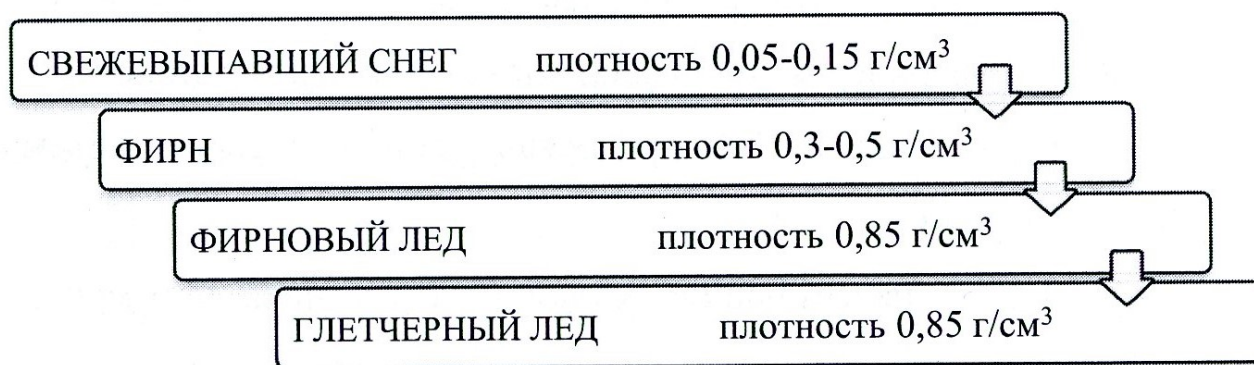


Рис. 2. Процесс уплотнения и трансформации снега в леднике

Помимо уплотнения и трансформации снега ледники могут образовываться и другими способами. Всего в ледниках наблюдается три принципиально различных способа образования льда, а именно, путем:

- рекристаллизации снега и фирна (под давлением);
- замерзания талой воды в толще фирна (инфильтрационный лед) благодаря явлению режеляции, т.е. способности кристалликов льда прочно смерзаться друг с другом и заполнять поры и трещины;
- замерзания талой воды на поверхности льда (явление «конжеляции» или так называемый «наложенный» лед).

Ледник может как нарастать, так и разрушаться. **Уравнение баланса массы ледника** можно представить в виде суммы приходной и расходной частей:

$$X + Y_m + Y_{лав} + Z_{конд} = Y_{ст} + Y_{сн} + Z_{исп} \pm \Delta U_l,$$

где источниками питания ледника выступают:

- X – твердые атмосферные осадки (80%);
- Y_m – метелевый перенос снега (15%), т.е. принос ветром снега на поверхность ледника со смежных горных склонов;
- $Y_{лав}$ – лавины (5%), приносящие дополнительные объемы снега на ледник;
- $Z_{конд}$ – нарастающие осадки (0–2% – иней и изморозь) образующиеся вследствие конденсации и сублимации водяных паров атмосферы.

Главным источником питания ледников являются твердые атмосферные осадки, скапливающиеся на дне и склонах котловин, в которых начинается ледник. Процесс накопления твердых осадков, очевидно, может осуществляться только в том случае, когда количество тепла, поступающее в том или ином районе на земную поверхность, оказывается недостаточным для того чтобы выпадающий снег мог полностью растаять.

Расход вещества в леднике, или так называемая *зона абляции* (язык ледника), не имеет фирна и состоит лишь из льда. Потери происходят за счет:

$Y_{ст}$ – стока талой воды с ледника;

$Y_{сн}$ – сдувания снега ветром (механическая абляция);

$Z_{исп}$ – испарения с поверхности льда и снега.

Последний член в уравнении $\pm \Delta U_{л}$ – изменение массы ледника. Если $\Delta U_{л}=0$ – ледник стабилен; $\Delta U_{л} > 0$ – ледник нарастает и наступает; $\Delta U_{л} < 0$ – масса льда уменьшается, ледник деградирует и отступает.

1.4. Типы ледников

Ледники на Земле подразделяются на две основные группы: *покровные* и *горные* (рис. 3).

Покровные ледники размещаются на материках или крупных островах: к ним относятся ледники Антарктиды, Гренландии, арктических островов (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и др.). Форма покровных ледников в меньшей степени, чем у горных, зависит от рельефа подстилающей

поверхности земли и в основном обусловлена распределением снегового питания ледника.

Покровные ледники подразделяются на ледниковые купола (выпуклые ледники мощностью до 1000 м); ледниковые щиты (крупные выпуклые ледники мощностью более 1000 м и площадью поверхности свыше 50 тыс. км²); выводные ледники (быстро движущиеся ледники, через которые осуществляется основной расход льда покровных ледников; выводные ледники обычно заканчиваются в море, образуя плавучие ледниковые языки, дающие начало многочисленным айсбергам небольшого размера); шельфовые ледники (плавающие или частично опирающиеся на морское дно ледники, являющиеся продолжением наземных ледниковых покровов; они движутся с берега к морю и образуют крупные айсберги).

Горные ледники подразделяются на три подгруппы. Это ледники вершин, лежащие на вершинах отдельных гор, хребтов и горных систем, в кальдерах вулканов; ледники склонов, занимающие депрессии (впадины, кары) на склонах горных хребтов; долинные ледники, располагающиеся в верхних и средних частях горных долин.

Обширные горные ледники расположены в крупных и высоких горных массивах — в Гималаях, Каракоруме, на Памире, Тянь-Шане, в Альпах, на Кавказе, на Аляске и т. д. Самый крупный горный ледник — ледник Беринга на Аляске длиной 203 км и площадью 5700 км².

В России покровное оледенение занимает наибольшие площади на Новой Земле (23,64 тыс. км²), Северной Земле (18,32 тыс. км²), Земле Франца-Иосифа (13,75 тыс. км²). Горные ледники в России расположены на Кавказе, Алтае, в Саянах, на Северном Урале, в горах Бырранга и Путорана, на хребте Черского, Карякском нагорье, на Камчатке [1].



Рис. 3. Типы ледников на Земном шаре

Все ледники движутся. Движение ледников проявляется в перемещении (всегда в одном направлении) самих масс льда. Благодаря пластичности лед оказывается текучим и под действием силы тяжести и давления медленно перемещается. По скорости движения ледники можно подразделить на три основные группы:

- Ледники первой группы имеют небольшую (обычно не более 100–200 м/год), мало изменяющуюся в течение года скорость движения.

- *Ледники второй группы* имеют практически постоянно весьма большую скорость движения (1–2 км/год и более, иногда до 5–7 км/год). Один из самых «скоростных» — гренландский ледник Якобсхавн, впадающий в залив Диско. Его скорость превышает 7 км/год.

- *Ледники третьей группы* (пульсирующие ледники) в обычное время имеют незначительные скорости движения, но в отдельные непродолжительные периоды резко ускоряют свое движение (до 300 м/сут). В их жизни периоды относительного покоя, длящиеся от 10 до 50-100 лет, чередуются с периодами коротких, быстрых подвижек, или *пульсаций*, во время которых скорость движения ледника может составить 100-120 м/сут., а язык ледника может переместиться на 10-15 км.

Во время движения ледника в нем могут возникать *поперечные и продольные трещины*. Поперечные трещины образуются при наличии в ложе ледника резких уступов, а продольные — вследствие растекания льда в стороны при переходе ледника из более узкого участка долины в расширенный и различной скорости движения по оси ледника и у бортов. В процессе движения ледники выносят в устье долины продукты разрушения горных пород и оказывают существенное влияние на препятствия, встречающиеся по пути.

1.5. Особенности режима рек с ледниковым питанием

Ледники имеют различную форму и свой особый режим. В них происходят накопление и убыль льда, они по-разному

двигаются, изменяют форму поверхности земли, оказывают влияние на климат и имеют очень большое значение в питании горных рек.

Ледники как аккумуляторы огромных запасов воды представляют особый интерес для гидрологов, поскольку выяснение закономерностей, связанных с процессами накопления и расходования этих запасов воды, даст возможность в нужной мере изучить режим и правильно решить вопросы использования вод достаточно многочисленных ледниковых рек.

Большие запасы воды, заключенные в ледниках, в сочетании с высокогорными сезонными снегами обеспечивают длительное половодье на горных реках, имеющих ледниковое питание. Ледники выступают как регуляторы стока. В то же время прорыв приледниковых и надледниковых озер, прорыв внутриледниковых полостей и быстрое таяние, вызванное извержением вулканов, приводят порой к катастрофическим последствиям (рис. 4).

С наступлением положительных температур воздуха начинается таяние снега, выпавшего за зиму в долинах рек и на сравнительно небольших высотах гор. Обычно наблюдающиеся весной временные похолодания обуславливают задержки в таянии снега, находящегося на разных высотах, в результате чего весеннее половодье горных рек часто состоит из ряда подъемов уровня.

Дальнейшее повышение температуры воздуха вызывает не только таяние снега, но и ледников в высокогорных областях, обуславливая при этом постепенный переход весеннего половодья в летнее. Чем выше температура воздуха, тем больше сток рек, имеющих ледниковое питание.

В то время как и на равнинных реках, имеющих снеговое питание, весеннее половодье проходит за один – полтора месяца, после чего наступает маловодный период; на реках ледникового питания высокая водность наблюдается в течение пяти – шести месяцев.

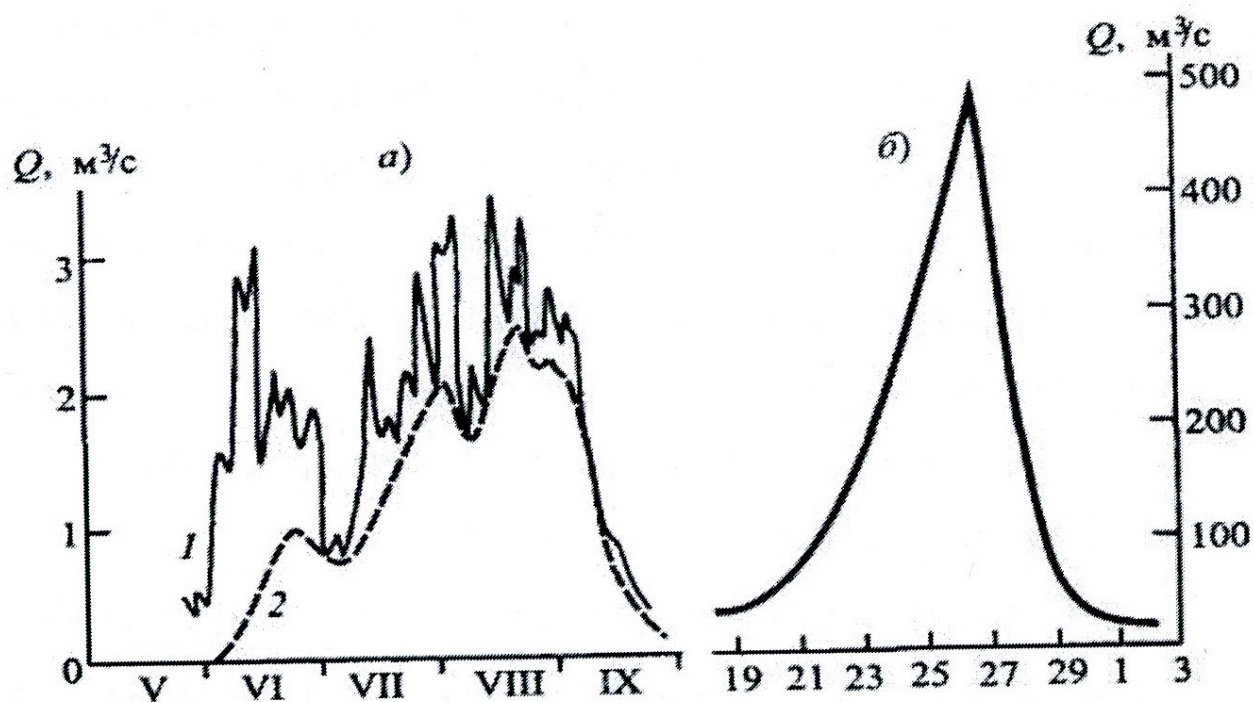


Рис.4. Типичные гидрографы ледниковых рек: а – гидрограф р.Джанкуат на Кавказе в 1969 г. (1 – суммарный сток, 2 – сток с ледника); б – паводок на р.Иныльчек 19 сентября – 3 октября 1964 г., сформировавшийся в результате прорыва надледникового оз. Мерцбахера

Кроме того, в отличие от равнинных рек, имеющих весеннее половодье и характеризующихся в этот период очень

резким подъемом и спадом уровней, реки с ледниковым питанием имеют значительно более плавный ход водности.

Наконец, колебания водности рек, имеющих ледниковое питание, от года к году не столь велики, как колебания водности большинства равнинных рек.

Горные ледники дают начало мощным рекам, имеющим большое значение для ландшафтообразования и народного хозяйства при орошении пустынных и степных земель.

2. ГИДРОЛОГИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды – часть гидросферы Земли и предмет изучения *гидрогеологии*. *Подземные воды* – это воды, находящиеся в верхней (до глубины 12 – 16 км) части земной коры в жидком, твердом и парообразном состояниях.

2.1. История развития науки о подземных водах

Накопление практических знаний о подземных водах, начавшееся с древнейших времён, ускорилося с появлением городов и орошаемого земледелия. Искусство сооружения копаных колодцев глубиной в несколько десятков метров известно за 2—3 тыс. лет до н. э. в Египте, Средней Азии, Индии, Китае и других странах. Имеются сведения о лечении минеральными водами в этот же период. В 1-м тыс. до н. э. появились зачатки научных представлений о свойствах природных вод, их происхождении, условиях накопления и круговороте воды на Земле (в Древней Греции — Фалес (VII—VI вв. до н. э.), Аристотель (IV в. до н. э.); в Древнем Риме — Лукреций, Витрувий (I в. до н. э.) и др.). Изучение подземных вод было обусловлено осуществлением работ, связанных с водоснабжением, добычей солёных вод для выпаривания соли путём копания колодцев, а затем бурения (Россия, XII—XVII вв.). Возникли понятия о водах ненапорных, напорных (поднимающихся снизу вверх) и самоизливающихся. Последние получили в XII в. название артезианских (от провинции Артуа во Франции). В эпоху Возрождения и позднее подземным водам

и их роли в природных процессах были посвящены работы западноевропейских учёных Агриколы, Палисси, Стено и др. В России первые научные представления о подземных водах как о природных растворах, их образовании путём инфильтрации атмосферных осадков и геологической деятельности подземных вод были высказаны М. В. Ломоносовым в сочинении «О слоях земных» (1763). В конце XIX — начале XX вв. были выявлены закономерности распространения грунтовых вод (В.В. Докучаев, П.В. Отоцкий) и составлена карта зональности грунтовых вод Европейской части России. До середины XIX в. учение о подземных водах развивалось как составная часть геологии. Затем оно обособляется в отдельную дисциплину, которая в дальнейшем всё более дифференцируется. В формировании гидрогеологии большую роль сыграли французские инженеры Л. Дарси, Ж. Дюпюи, Шези, немецкие учёные Э. Принц, К. Кейльхак, Х. Хёфер и др., учёные США А. Хазен, Ч. Сликтер, О. Мейнцер, А. Лейн и др., русские геологи С. П. Никитин, И. В. Мушкетов и др. Большую роль в развитии науки о подземных водах в России сыграла систематическая геологическая съёмка, производившаяся Геологическим комитетом. После Великой Октябрьской социалистической революции изучение подземных вод приобрело систематический характер, была создана сеть гидрогеологических учреждений, организована подготовка специалистов — гидрогеологов. Индустриализация страны дала

толчок к развитию гидрогеологических исследований для целей централизованного водоснабжения новых городов, крупных заводов, фабрик. За последующие годы гидрогеология превратилась в многогранную область знаний, в которой начали развиваться многочисленные отрасли: общая гидрогеология; динамика подземных вод; учение о режиме и балансе подземных вод; гидрогеохимия; учение о минеральных, промышленных и термальных водах; учение о поисках и разведке подземных вод; мелиоративная гидрогеология; гидрогеология месторождений полезных ископаемых; региональная гидрогеология [5].

2.2. Происхождение подземных вод

Существует несколько гипотез происхождения подземных вод (рис. 5). Согласно им подземные воды могли образоваться 3 путями. В настоящее время установлено, что подземные воды могут образоваться всеми указанными способами. В соответствии с гипотезами происхождения подземные воды подразделяются на 3 группы (рис. 6).

Вадозные воды представляют собой воды атмосферного происхождения. Они являются одним из звеньев общего круговорота воды и образуются путем *инфильтрации*, т.е. воды просачиваются сквозь зернистые породы; *инфлюации* – воды, втекающие с поверхности по трещинкам и пустотам горных пород; *конденсации* – воды, образующиеся из парообразной влаги воздуха, заключенного в подземных порах и трещинах.

Вторая группа – это **ювенильные** воды магматического и метаморфического происхождения, т.е. те, что образуются на больших глубинах.

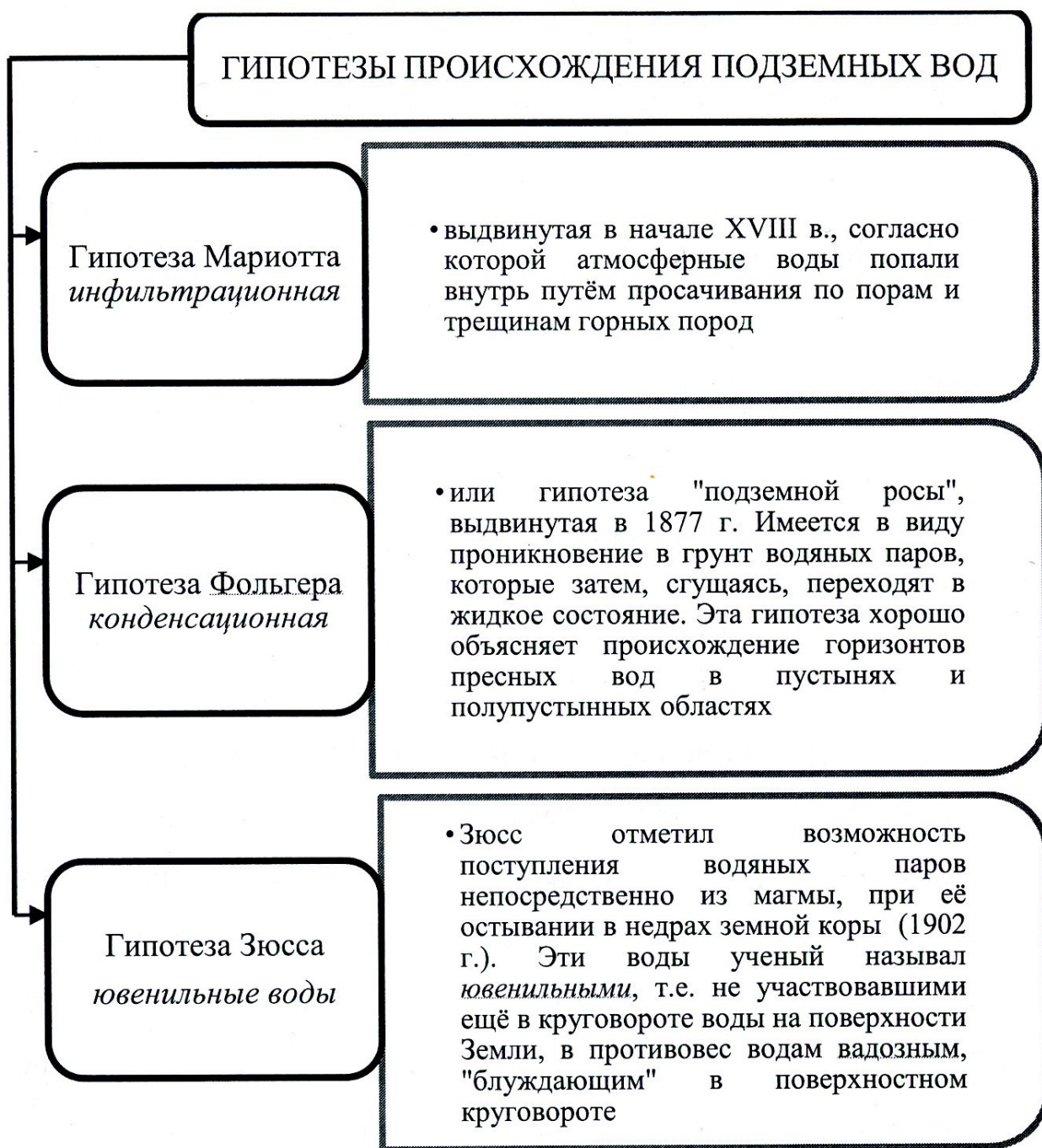


Рис. 5. Гипотезы происхождения подземных вод

Воды третьей группы – **седиментационные**, это воды древних морей, лагун, озер, накапливающиеся в осадочных

толщах в процессе осадконакопления на дне водоемов; они сохраняются в глубоких закрытых пластах в течение длительного геологического времени



Рис. 6. Группы подземных вод в соответствии с гипотезами происхождения

2.3. Водно-физические свойства почвогрунтов

Верхнюю толщу земной коры, включая кору выветривания и почвенный слой, в которой находятся подземные воды, называют горными породами, в гидрологии – *почвогрунтами* (грунтами). Совокупность свойств, определяющих поведение грунтовой воды в толще почвогрунтов, называют водно-физическими свойствами. Наиболее важные из них приведены на рис. 7.



Рис. 7. Важнейшие водно-физические свойства почвогрунтов

Виды воды в порах грунта:

- *химически связанная вода* или конституционная – входит в молекулу вещества;
- *кристаллизационная вода* – является составной частью минералов;
- *гигроскопическая вода* – вода, адсорбированная частицами породы из воздуха;

- *пленочная вода* – обволакивает частицы породы;
- *внутриклеточная вода* – содержится в не полностью разложившихся остатках растений в почве;
- *капиллярная вода* – заполняет сравнительно мелкие поры породы;
- *вода в парообразном состоянии (водяной пар)*;
- *вода в твердом состоянии (лед)*;
- *свободная (гравитационная) вода* – заполняет некапиллярные пустоты породы и просачивается в породе сверху вниз под действием силы тяжести.

2.4. Классификации подземных вод

Существует множество классификаций подземных вод (рис. 8).

Наибольший интерес с гидрологической точки зрения представляет последняя классификация, по характеру залегания подземных вод суши. Здесь выделяют воды зоны аэрации и зоны насыщения (рис. 9).

Зона аэрации (I) – охватывает верхние, не насыщенные водой слои грунтов, включая почву от дневной поверхности до уровня грунтовых вод. В этой зоне происходят инфильтрация дождевых и талых вод, формирование почвенной воды и верховодки, фильтрация гравитационной воды (рис. 10).

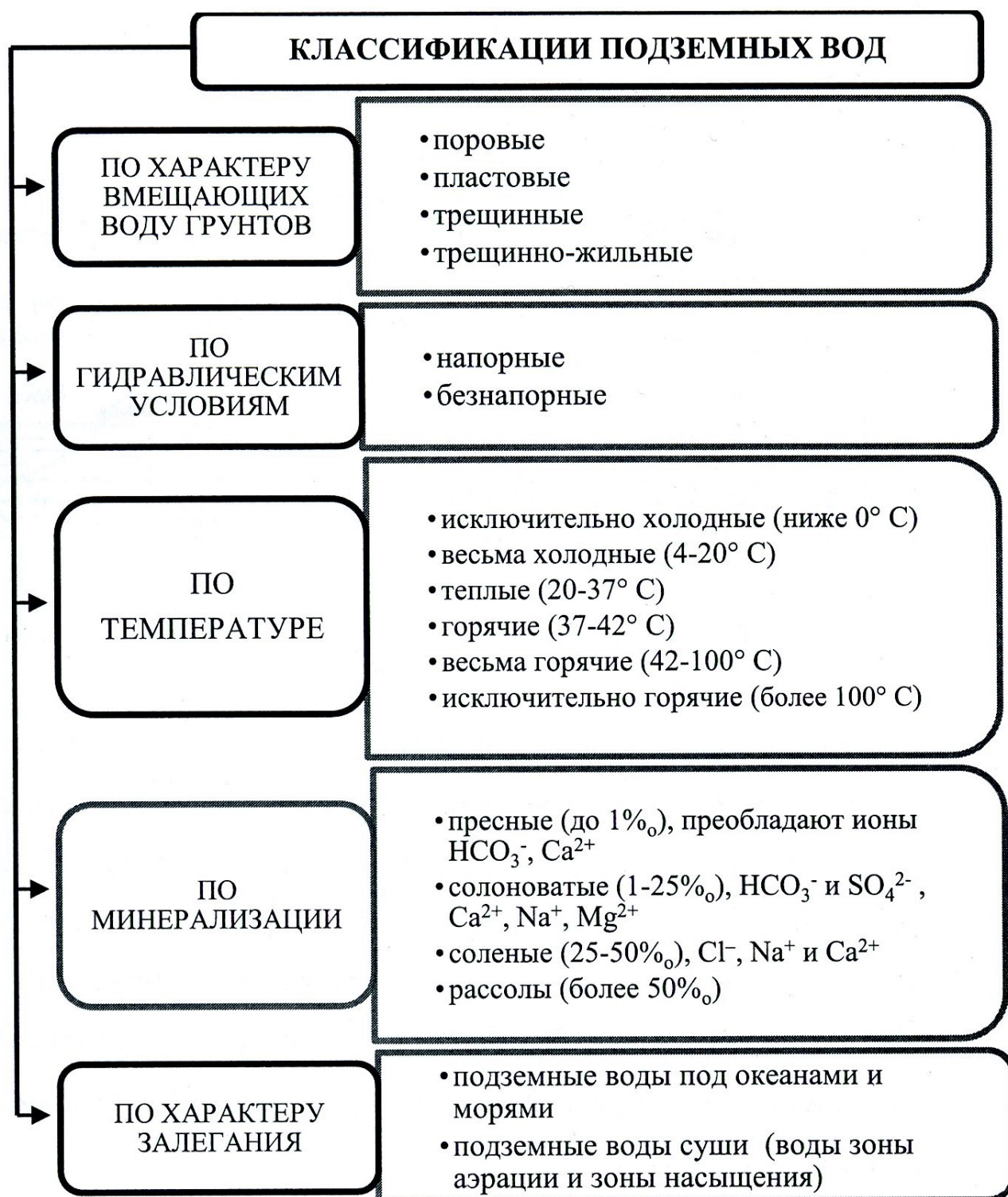


Рис. 8. Классификации подземных вод

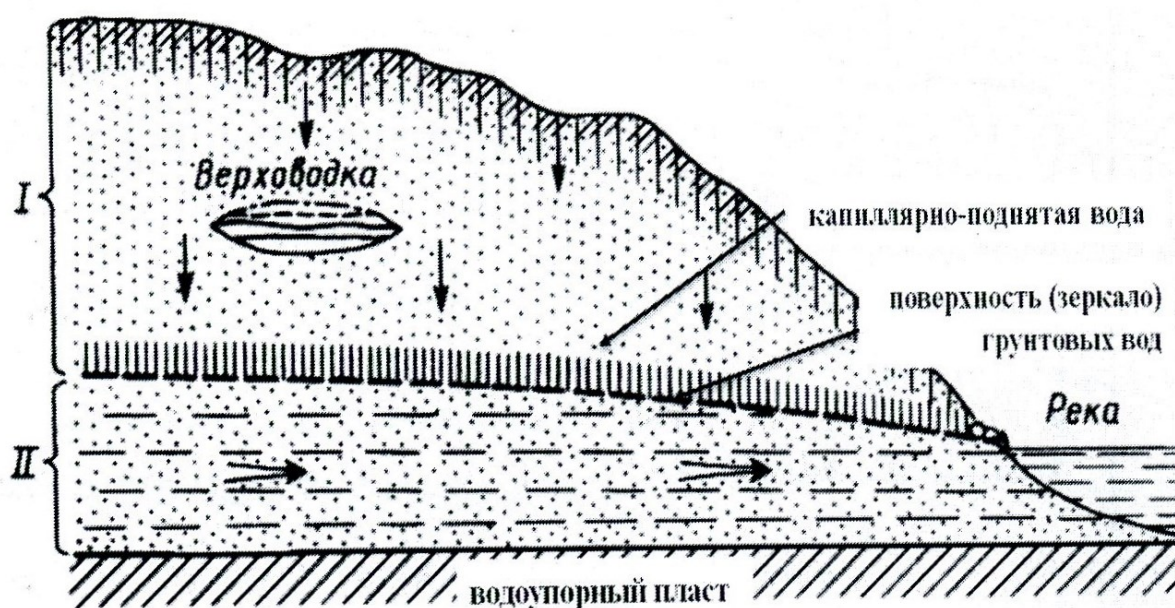


Рис. 9. Подземные воды суши: I – воды зоны аэрации; II – воды зоны насыщения

Почвенные воды представляют собой временное скопление свободной (гравитационной) и капиллярной воды в почвенной толще. Эти воды имеют связь с атмосферой и участвуют в питании корневой системы растений. Мощность слоя с почвенной водой обычно изменяется от нескольких сантиметров до 1–1,5 м. *Верховодка* – это временные, сезонные скопления подземных вод. Мощность верховодки обычно равна 0,4–1,0 м, редко достигает 2–5 м.

Зона насыщения (II) сверху ограничена зоной аэрации или зоной многолетнемерзлых грунтов, снизу – глубиной критических температур, при которых существование жидкой воды невозможно. Воды зоны насыщения делятся на 3 группы (рис.11).

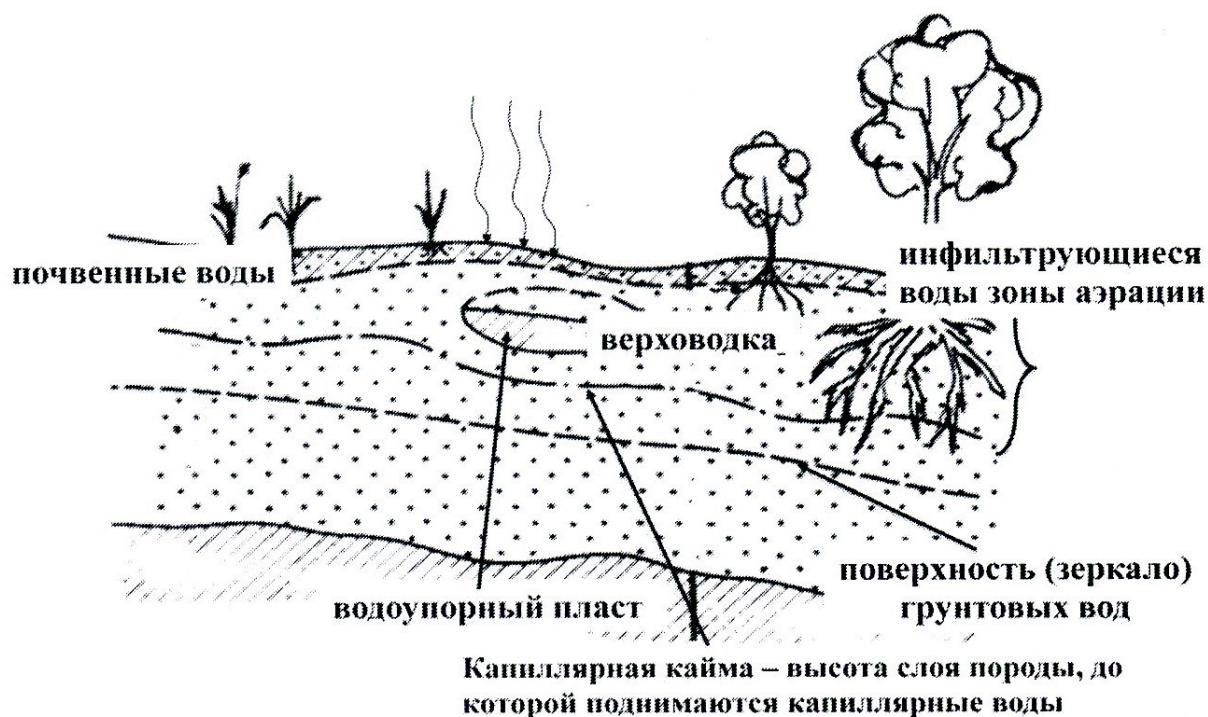


Рис. 10. Воды зоны аэрации

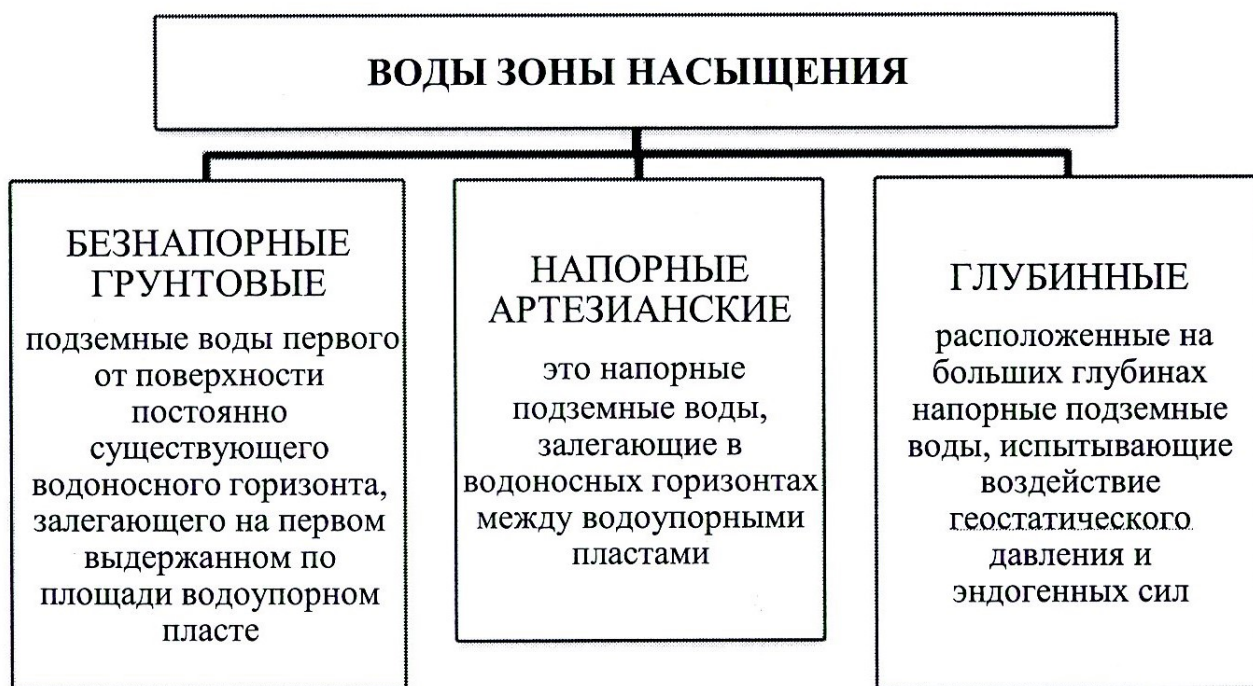


Рис. 11. Воды зоны насыщения

2.5. Взаимодействие поверхностных и подземных вод.

Роль подземных вод в питании рек

Взаимодействие поверхностных и подземных вод играет важную роль в гидрологических процессах на планете, и в частности, обмене поверхностных (океаны, моря, озера, водохранилища, реки, каналы) и подземных вод (напорных и безнапорных) водой, теплотой, растворенными в воде веществами.

Обмен подземных вод и вод океанов и морей изучен достаточно слабо. В среднем в океан ежегодно поступает около 2,2 тыс. км³ не дренируемых реками подземных вод. В большей степени изучено взаимодействие подземных вод и водных объектов суши.

Выделяют три типа взаимодействия речных и грунтовых вод: *наличие постоянной гидравлической связи, наличие временной гидравлической связи и отсутствие гидравлической связи*. Первый тип включает два подтипа: наличие одно- и двусторонней постоянной гидравлической связи. Характер связи речных и грунтовых вод зависит от соотношения высоты стояния уровня в реке в половодье и межень, с одной стороны, и положения кровли водоупорного пласта (водоупора) и уровня находящихся над ним грунтовых вод с другой.

При очень низком положении водоупора и уровня грунтовых вод река в течение всего года через берега и дно

питает подрусловые и прибрежные грунтовые воды (рис. 12, а), т.е. постоянно теряет воду на питание грунтовых вод. Это явление особенно характерно для закарстованных пород или крупнопористых грунтов в аридных и горных районах.

При более высоком положении водоупора река питает грунтовые воды лишь в половодье; в межень река, наоборот, дренирует грунтовые воды и ими питается (рис. 12, б). На спаде половодья и в межень часть накопленной в грунте воды возвращается в русло реки. Такое явление называется *береговым регулированием речного стока* или *периодическим питанием подземных вод* [4].

При более высоком положении водоупора река, как и в предыдущем случае, в половодье питает грунтовые воды, а в межень грунтовые воды питают реку. Однако в межень происходит разрыв кривой депрессии грунтовых вод и понизившегося уровня в реке — на склонах русла возникают *мочажины* и начинают действовать *родники* или *ключи* (рис. 12, в), дебиты которых не зависят от изменения уровня воды в реке.

Наконец, при очень высоком положении водоупора как в половодье, так и в межень грунтовые воды и река не имеют между собой гидравлической связи (рис. 12, г).

Таким образом, характер и величина подземного питания рек (и озер) зависят от гидрогеологического строения прилегающей к водному объекту территории и от режима

уровней воды в водном объекте.

В целом подземные воды являются одним из важнейших видов питания рек. По водно-балансовым оценкам для всего земного шара на долю подземного питания рек приходится около 30 % речного стока. При величине речного стока, поступающего в океан, 41,7 тыс. км³ в год на долю подземного питания приходится, таким образом, 12,5 тыс. км³ воды в год. Важно отметить, что роль подземного питания в режиме рек особенно возрастает в межень, когда питание других видов (снеговое, дождевое) существенно сокращается или вовсе прекращается.

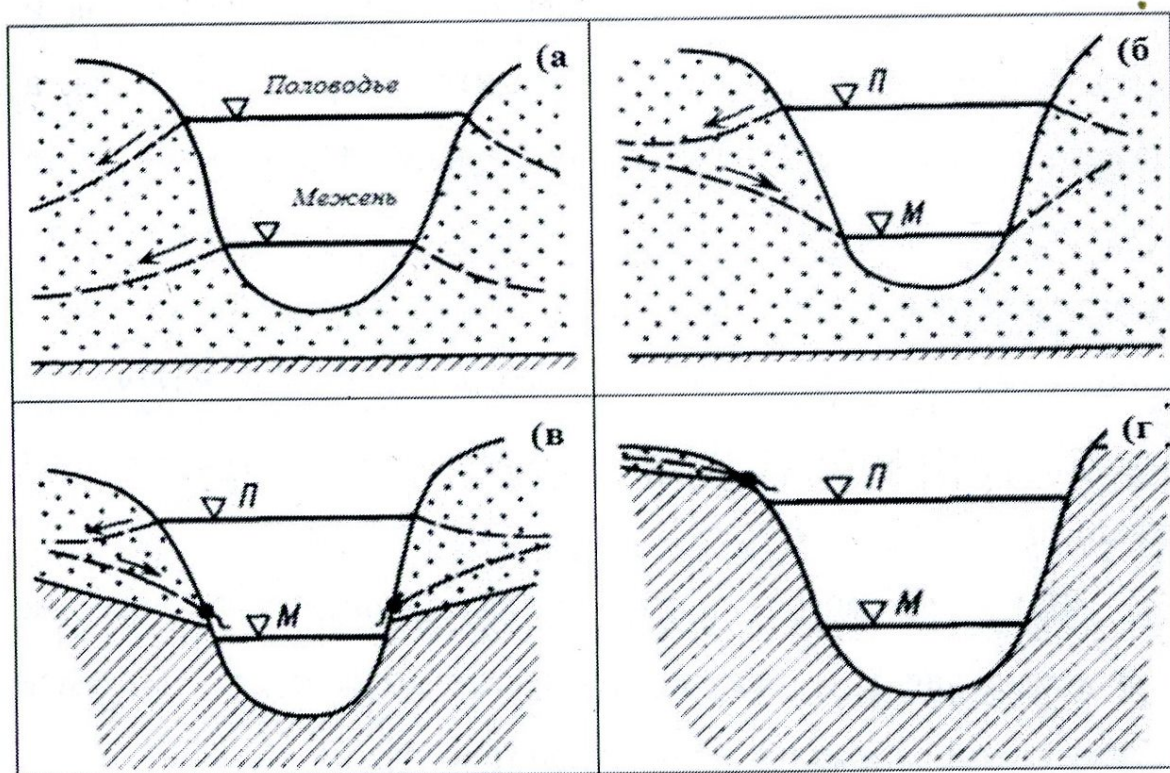


Рис. 12. Схема взаимодействия речных и грунтовых вод: а – постоянная односторонняя гидравлическая связь (река в течение всего года питает грунтовые воды); б – постоянная двусторонняя гидравлическая связь (река питает грунтовые воды в половодье и дренирует их в межень); в – временная гидравлическая связь; г – отсутствие гидравлической связи

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология: учебник для вузов. 2-е изд. исп. М.: Высшая школа, 2007. 463 с.
2. Богословский Б.Б., Самохин А.А., Иванов К.Е., Соколов Д.П. Общая гидрология (гидрология суши). Л.: Гидрометеоздат, 1984. 426 с.
3. Котляков В. М. Мир снега и льда. М.: Наука, 1994. 287 с.
4. Всеволожский В. А. Основы гидрогеологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 351 с.
5. Интернет источник. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/79128> (дата обращения: 20.02.2016).

Учебное издание

Составитель: **Шайдулина Аделия Александровна**

УЧЕНИЕ О ГИДРОСФЕРЕ. ОСОБЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Конспект лекций для студентов
географического и биологического факультетов

Редактор *Н. И. Стрекаловская*
Корректор *А. В. Цветкова*
Компьютерная верстка *А. А. Шайдулиной*

Подписано в печать 07.04.2016. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 2,09. Тираж 60 экз. Заказ 51/2016

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Отпечатано в типографии «Новопринт»
Адрес: 614025, г. Пермь, ул. Пихтовая, 37

