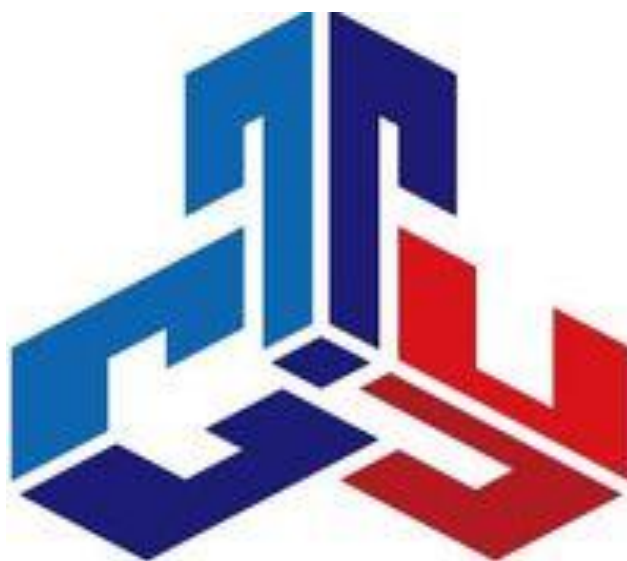


СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



БАРАНОВСКИЙ А. В.

ГИДРОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**РЯЗАНЬ
2021**

УДК 627.824.31:351.793:721.012.1(075.8)

Гидрология: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Природообустройство и водопользование». /сост. Барановский А.В.,
Совр. техн. универ-т. – Рязань, 2021. –Электронное издание.

Рецензент: д.б.н., профессор А.Г. Резанов

В пособии изложены основы физической географии.

Учебно-методическое пособие составлено для студентов вузов, ведущих подготовку специалистов по природоохранным специальностям.

*Издается по решению Ученого Совета
Современного технического университета.*

УДК 627.824.31:351.793:721.012.1(075.8)

© А.В.Барановский

© Современный технический университет, 2021

МАТЕРИКОВЫЕ ВОДЫ

§ 1. Понятие о гидросфере

Гидросфера - водная оболочка Земли. Она включает в себя всю химически не связанную воду, независимо от ее агрегатного состояния. Гидросфера состоит из Мирового океана и вод суши. Общий объем гидросферы около 1400 млн. км³, причем главная масса воды - 96,5% - воды Мирового океана, соленые, непригодные для питья. На долю материковых вод приходится лишь 3,5%, из которых более 1,7% содержится в виде льда и только 1,71% в жидком состоянии (реки, озера, подземные воды). Остальной объем водной оболочки Земли, или гидросферы, находится в связанном состоянии в земной коре, в живых организмах и в атмосфере (примерно 0,29%).

Вода - хороший растворитель, могучее транспортирующее средство. Она перемещает огромные массы веществ. Вода - колыбель жизни, без нее невозможно существование и развитие растений, животных и человека, его хозяйственная деятельность. Гидросфера - аккумулятор солнечного тепла на Земле, громадная кладовая минеральных и пищевых ресурсов человека.

Гидросфера едина. Ее единство - в общности происхождения всех природных вод из мантии Земли, в единстве их развития, в пространственной непрерывности, во взаимосвязи всех природных вод в системе Мирового круговорота воды (рис. V.1).

Мировой круговорот воды - это процесс непрерывного перемещения воды под воздействием солнечной энергии и силы тяжести, охватывающий гидросферу, атмосферу, литосферу и живые организмы. С земной поверхности под действием солнечного тепла вода испаряется, причем большая ее часть (около 86%) испаряется с поверхности Мирового океана. Попадая в атмосферу, водяные пары при охлаждении конденсируются, и под действием силы тяжести вода возвращается на земную поверхность в виде осадков. Значительное количество осадков выпадает снова в океан. Круговорот воды, в котором принимают участие только океан и атмосфера, называется *малым*, или *океаническим*, круговоротом воды. В *мировом*, или *большом*, круговороте воды участвует суша: испарение воды с поверхности океана и суши, перенос водяных паров с океана на сушу, конденсация паров, образование облаков и

выпадение осадков на поверхность океана и суши. Далее - поверхностный и подземный сток вод суши в океан (рис. V.1). Таким образом, круговорот воды, в котором кроме океана и атмосферы принимает участие и суша, называется *мировым круговоротом воды*.

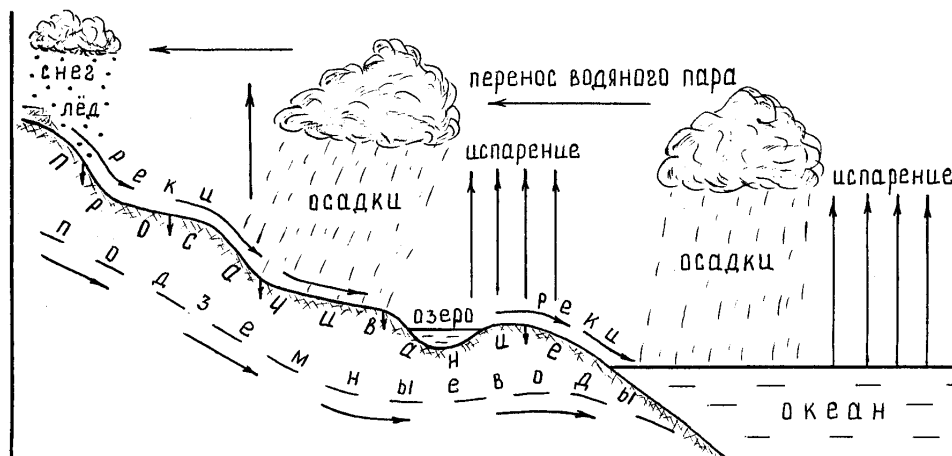


Рис. V.1. Мировой круговорот воды

В процессе мирового круговорота воды происходит постепенное ее обновление во всех частях гидросферы. Так, подземные воды обновляются за сотни тысяч и миллионы лет; полярные ледники за 8-15 тыс. лет; воды Мирового океана - за 2,5-3 тыс. лет; замкнутые, бессточные озера - за 200-300 лет, проточные - за несколько лет; реки - за 12-14 суток; водяной пар атмосферы - за 8 суток; вода в организме - за несколько часов. Мировой круговорот воды связывает все внешние оболочки Земли и организмы.

Воды суши - это часть водной оболочки Земли. К ним относятся *подземные воды, реки, озера, ледники и болота*. Воды суши включают всего 3,5% общих мировых запасов воды. Из них только 2,5% составляют *пресные воды*.

§ 2. Современные представления о мировом круговороте воды

Наблюдаемое изменение уровня Мирового океана многими исследователями объясняется изменением климата. Считается, что современный подъем уровня обусловлен перераспределением воды с континентальных блоков в океан за счет речного стока, испарения и дегляциации. В схемах общего круговорота объем испарившейся над океаном воды предполагается равным объему воды, поступившей с континентов в форме речного стока, осадков и таяния ледников:

$$E = P + R,$$

где E - испарение, P - атмосферные осадки, R - региональный, подземный и др. виды стоков, контролируемые атмосферными осадками. Однако данная схема верна лишь в первом приближении и реализуется при условии постоянства общей массы воды на поверхности Земли и неизменной емкости океанических и морских впадин. Если же рассматривать планету как открытую термодинамическую систему, то необходимо учитывать эндогенные поступления воды и ее потери при фотолизе. Иными словами, в балансе глобального круговорота воды на поверхности Земли должны присутствовать по меньшей мере еще четыре статьи:

Приход:	Расход:
1) поступление внутрипланетарной (эндогенной) воды;	1) потери воды при фотолизе;
2) поступление космической воды	2) другие потери (на увлажнение морских осадков, биосферы и др.).

Без учета этих факторов реальная картина изменения уровня Мирового океана будет отображена неверно, особенно в палеогеографическом аспекте и при прогнозе на будущее.

Длительное время в науках о Земле существуют представления о большой древности современного объема гидросферы и чрезвычайно медленных ее

изменениях в настоящем и будущем. Предполагается, что вода на Земле образовалась конденсационным путем сразу после аккрекции протопланетарного вещества либо накапливалась в процессе дегазации и вулканизма. Отсюда делается заключение о древности Мирового океана, современных размеров и глубины, которые он приобрел еще в докембрии (600-1000 млн. лет назад). Построенная на таком фундаменте теория эволюции земной коры и лика Земли в целом выглядит “безводной”, так как гидросфера либо задавалась планете изначально, либо приобреталась ею примерно в середине докембрия.

В результате многолетних исследований материалов глубоководного бурения американского судна “Гломар Челленджер” (1968-1989 гг.) о разновозрастных мелководных образованиях, обнаруженных в разрезе осадков и базальтов дна Атлантического, Индийского и Тихого океанов (DSDP, 1969-1989), было впервые сделано теоретическое обоснование количественного определения средней скорости и массы ежегодных поступлений эндогенной воды на поверхность Земли в современный период и последние 160 млн. лет. Обнаружен рубеж их быстрого (более чем на порядок) возрастания и получена закономерность, описывающая это явление.

$$V(t) = a \cdot \exp(-t/c) + v \text{ (мм/1000 лет)},$$

где $a = 580$ мм/1000 лет; $v = 25$ мм/1000 лет; $c = 14,65$ млн. лет; t - время в млн. лет (рис. V.2).

Поскольку скорость эндогенных поступлений свободной воды в полученном эмпирическом графике $V(t)$ и его аппроксимации определена в мм/1000 лет, то это позволяет количественно оценить среднюю массу ежегодно выносимой в ходе дегидратации свободной воды на поверхность Земли в течение последних 160 млн. лет и исторического периода голоцена.

Инструментальными наблюдениями на водомерных постах с 1880 по 1980 г. установлено, что уровень моря поднимается со средней скоростью 1,5 мм/год. Этот подъем обусловлен не потеплением климата, как принято считать, а складывается из следующих статей: 0,7 мм/год за счет таяния 250 км^3 шельфовых антарктических и гренландских ледников; 0,02 мм/год за счет аккумуляции 7 км^3 осадков. Оставшаяся часть (0,78 мм/год) составляет главным

образом эндогенные поступления воды с продуктами вулканизма, по глубинным разломам, сольфатарам, фумаролам и кондуктивным путем. И это нижний предел фиксируемого выноса эндогенной воды, так как подъем уровня происходит на фоне продолжающегося углубления дна Мирового океана в зонах рифтовых хребтов, континентальной окраины Тихого океана, вдоль желобов островных дуг и области Средиземноморья, маркируемых плиоцен-четвертичной сейсмичностью и вулканизмом.

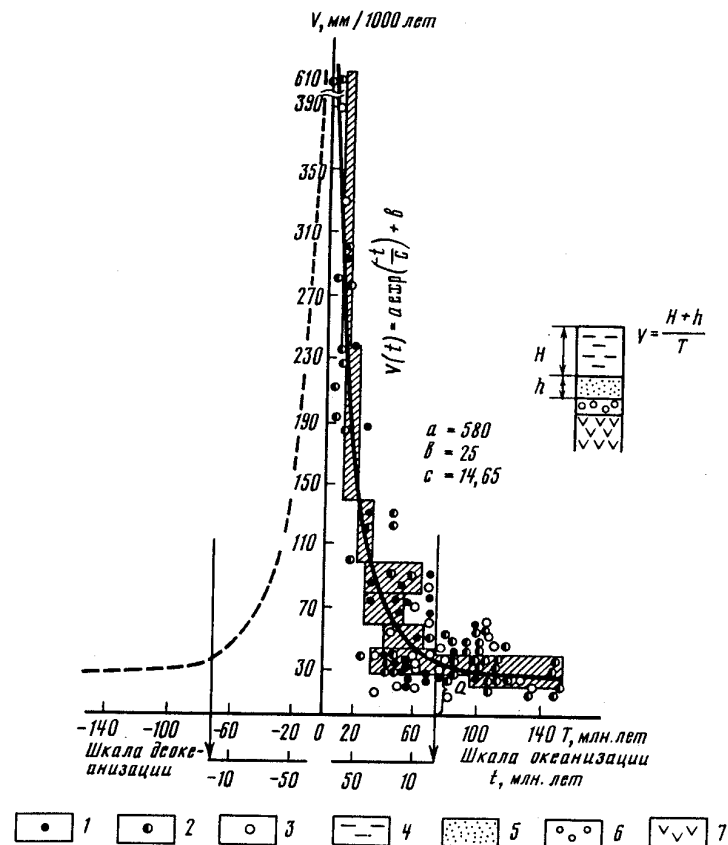


Рис. V.2. График, характеризующий скорость опускания океанических сегментов Земли (правая часть) и поступления эндогенной воды в последние 160 млн. лет и в будущем, рассчитанный по данным о современной гипсометрии разновозрастных мелководных отложений “Гломар Челленджер”:
 1 - по скважинам Тихого, 2 - Атлантического, 3 - Индийского океанов;
 4 - вода, 5 - глубоководные осадки, 6 - мелководные осадки, 7 - базальты.
 Левая часть графика характеризует скорость поступления воды в будущем, штриховкой показаны доверительные интервалы, вычисленные с вероятностью 0,95%

Следует также учитывать, что почти 20% выносимой из недр воды идет на увлажнение морских осадков. Таким образом, полученное значение - 0,78 мм/год - с полным основанием можно округлить до 1,0 мм/год. Это значение, определенное независимым от данных бурения путем, тем не менее хорошо укладывается в общий ход графика $V(t)$ (рис. V.2). Это служит дополнительным подтверждением общей тенденции экспоненциального возрастания темпов и массы выноса эндогенной воды с конца мелового периода.

Таким образом, с точностью до порядка величин ежегодные поступления свободной воды на поверхность Земли в исторический период голоцена составляли $3,6 \cdot 10^{17}$ г.

Средняя скорость поступления воды за последние 160 млн. лет, определенная из графика $V(t)$ и по формуле:

$$V(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{149} V_i(t), \quad (n = 1, 2 \dots 149)$$

равна 0,01 см/год, что в пересчете на массу при средней площади юрско-меловых кайнозойских морских бассейнов, близких современным, дает примерно $3,6 \cdot 10^{16}$ г/год, т.е. на порядок меньше, чем в голоцене. Следовательно, за период спонтанной дегидратации и океанизации Земли (60 млн. лет) было переброшено воды на поверхность:

$$3,6 \cdot 10^{16} \text{ г/год} \times 60 \cdot 10^6 \text{ лет} = 2,2 \cdot 10^{24} \text{ г.}$$

Это на $0,5 \cdot 10^{24}$ г больше массы современной гидросферы, равной $1,64 \cdot 10^{24}$ г. Возникает вопрос: куда девалась эта огромная масса воды? Чтобы ответить на него, нужно вспомнить, что за 60 млн. лет океанизации на дне океанов образовался слой осадков со средней мощностью, равной 500 м. Поскольку их влажность, по данным бурения, в среднем равна 30%, или (по уровню) $3 \cdot 10^4$ см, то можно оценить массу захороненной в толще морских осадков воды:

$$300 \cdot 10^{16} \text{ см}^2 \times 3 \cdot 10^4 \text{ см} \times 1,03 \text{ г/см}^3 \approx 0,1 \cdot 10^{24} \text{ г.}$$

Полученное значение составляет примерно 20% от величины избытка - $0,52 \cdot 10^{24}$ г, т.е. ежегодно на увлажнение донных осадков идет $1,7 \cdot 10^{15}$ г, или 5% от средних в период океанизации ($3,6 \cdot 10^{16}$ г) ежегодных поступлений свободной воды. Следовательно, оставшаяся часть воды $0,42 \cdot 10^{24}$ г, отсутствующая в современном объеме гидросферы, была утрачена на фотолиз. Отсюда можно определить массу ежегодных потерь воды при диссоциации ее молекулы в верхних слоях атмосферы под действием жесткого корпускулярного солнечного излучения:

$$0,42 \cdot 10^{24} \text{ г} / 60 \cdot 10^6 \text{ лет} = 7 \cdot 10^{15} \text{ г},$$

т.е. потери на фотолиз составляют около 2,5% от современных поступлений свободной воды ($3,6 \cdot 10^{17}$ г).

Определение порядка величин этих не известных ранее в научной литературе статьей баланса свободной воды имеет принципиальное значение при оценке общей направленности эволюции земной гидросферы, соотношения площади суши и моря, а с ними климата и природной среды в геологическом масштабе времени и исторической перспективе.

В современных схемах баланса воды на Земле объем испарившейся над океанами и морями воды многими исследователями считается равным объему вод, вернувшихся в Мировой океан с осадками, речным и поверхностным стоком, таянием ледников. Однако следует признать, что данная схема круговорота воды верна лишь в первом приближении и реализуется при условии постоянства общей массы воды на поверхности Земли и неизменной емкости впадин Мирового океана. Иными словами, эта схема соответствует закрытой термодинамической системе с замкнутым циклом. Но такая система, как известно, не производит работы, ибо находится в стабильном равновесии. Ее энтропия максимальна, чего, как мы показали выше, в условиях реальной Земли не наблюдается, ибо существует приток внутрпланетарной воды и диссипация части ее в космическое пространство. На основе найденной нами закономерности $V(t)$ эти статьи баланса отныне определены и в существующих схемах круговорота воды на Земле.

Приход:	Расход:
поступление эндогенной воды - $3,6 \cdot 10^{17}$ г/год;	потери воды на фотолиз - $7 \cdot 10^{15}$;
поступление космогенной воды - $5 \cdot 10^{10}$ г/год.	потери воды на увлажнение морских осадков, биосферы, другие неучтенные потери - $1,7 \cdot 10^{15}$ г.
Всего $3,6 \cdot 10^{17}$ г/год	Всего $8,7 \cdot 10^{15}$ г

Поясним пункт “поступление космогенной воды”. Масса космического вещества, выпадающего ежегодно на Землю, оценивается в 10^{12} г. В пересчете на воду (5% - исходя из данных по метеоритам), это составляет $5 \cdot 10^{10}$ г/год, т.е. около 0,00001% от ежегодных эндогенных поступлений. Поскольку содержание космогенного вещества в разрезах земной коры известно и не превышает современных поступлений, то из этого можно заключить, что земная гидросфера имеет исключительно внутрпланетарное происхождение - она важнейший продукт эволюции протовещества.

Полученные планетарные статьи баланса свободной воды имеют принципиальное значение для восстановления картины эволюции лика Земли в геологическом масштабе времени. Малые в годовом исчислении массы эндогенной и диссипирующей воды, являясь постоянно действующим фактором, по существу, определяют динамику эволюции поверхности Земли.

Учитывая установившийся на протяжении 60 млн. лет характер процесса дегидратации и океанизации было бы безосновательным ожидать его внезапного спада, равно как и еще большего возрастания в ближайшие сотни и тысячи лет - масштаба времени, ничтожного в сравнении с установленной общей длительностью этого процесса. Это позволяет дать прогноз относительно будущих изменений уровня океана, а с ним климата и природных условий. Без учета дегляциации полярных ледников через 10 тыс. лет уровень океана поднимется на 8 м, а через 100 тыс. лет - на 80 м.

Таким образом, новое уравнение водного баланса должно иметь следующий вид:

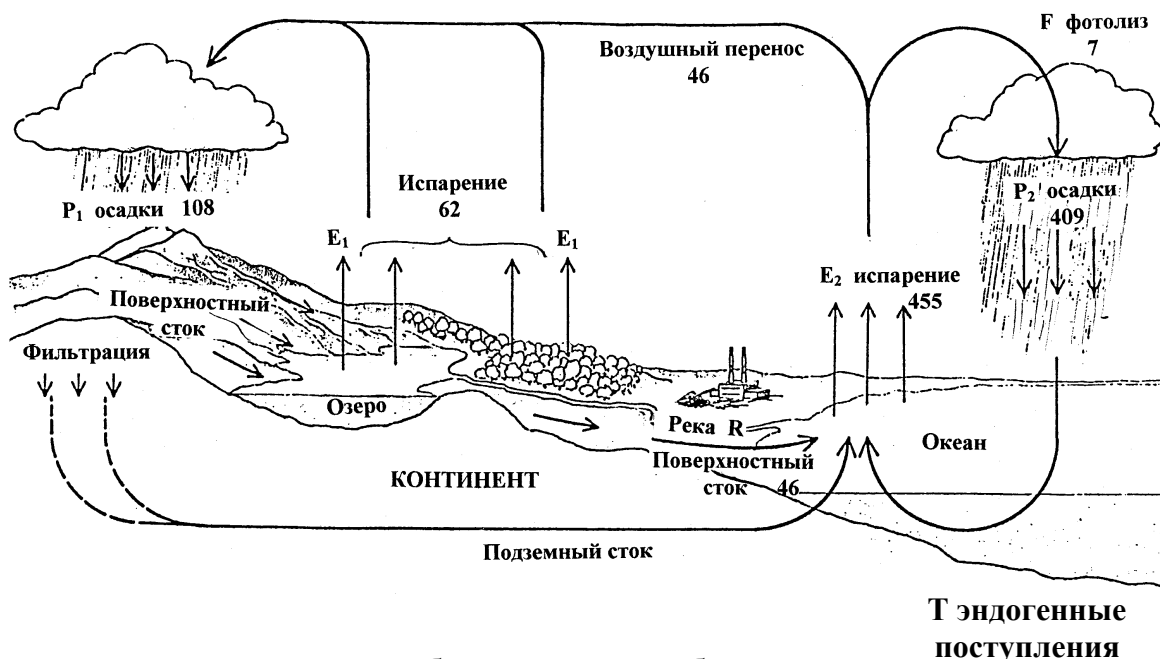
$$P + R + T - E - F = N \quad (N > 0),$$

где T - эндогенные поступления воды, F - потери на фотолиз. Однако в ходе трансгрессии, которая не может быть сколько-нибудь компенсирована увеличением емкости океанских впадин (за столь короткий в геологическом отношении промежуток времени), общее потепление климата Земли неизбежно. Следовательно, полярные ледники по-прежнему будут сокращаться и эндогенная трансгрессия, как и сегодня, будет усилена эвстатической - на 63-65 м в первые же 10 тыс. лет. Заметим, что в этой оценке не учитываются темпы опусканий побережий, наблюдаемые на 13% окраин материков.

Из приведенного ясно, что современный баланс суши и моря - это краткий миг в геологической истории Земли. Он продолжает изменяться, и общее направление этой изменчивости определено - океан, углубляясь, продолжает расширять свои границы за счет суши.

Таким образом, во всех реконструкциях системы континент-океан отныне необходимо учитывать постоянно действующий фактор поступления эндогенной воды, который в кайнозойскую эру океанизации в среднем составлял $3,6 \cdot 10^{16}$ г/год, или 0,1 мм/год по уровню, а в четвертичный период достиг кульминации - $3,6 \cdot 10^{17}$ г/год, или 1 мм/год по уровню. Современный баланс воды на поверхности Земли можно представить в виде схемы и уравнений, представленных на рис. V.3.

Этот фактор, в конечном счете, является определяющим для оценки климатических изменений прошлого и будущего, деградации полярных ледников, изменения всей природной среды на поверхности нашей планеты.



$$\text{Континент: } P_1 = E_1 + R$$

$$P + R + T - E - F = N, N > 0$$

$$\text{Океан: } P_2 = E_2 - R$$

$$P_1 + P_2 = E_1 + E_2$$

$$(108 = 62 + 46) \times 10^3 \text{ км}^3$$

$$(517 = 517) \times 10^3 \text{ км}^3$$

$$(409 = 455 - 46) \times 10^3 \text{ км}^3$$

Рис. V.3. Схема водного баланса Земли

Таким образом, вода на Земле имеет исключительно внутрпланетарное происхождение, а ее масса - $1,64 \cdot 10^{24}$ г - была накоплена постепенно в ходе геологической эволюции протопланетарного вещества. Прогрессивное углубление и увеличение площади Мирового океана, устанавливаемое данными бурения "Гломар Челленджер", компенсируется непрерывным поступлением эндогенной воды с превышением 0,78 мм/год, что и фиксируется в эндогенной составляющей подъема уровня океана. Это объясняется относительной стабильностью емкости океанических впадин в голоцене. Следовательно, можно говорить о сравнительно спокойном тектоническом режиме Земли в последние 10 тыс. лет. В эпохи тектонической активности емкость океанических впадин будет увеличиваться за счет проседаний и углубления

дна, что повлечет за собой частичное понижение или приостановку подъема уровня. Однако, учитывая общее сокращение масштабов тектонической активности в области океанических сегментов в плейстоцене по сравнению с кайнозойем (она локализована гребневой зоной рифтовых хребтов, желобами островных дуг и тихоокеанской периферией), в будущем следует ожидать продолжения процесса повышения уровня океана и прилегающих морей. В ближайшие 10 тыс. лет при сохранении современных темпов дегляциации оно составит около 15 м, а при полной деградации ледников Гренландии и Антарктиды - 70 м. Вероятность последнего предопределена расширением площади океанов и, как следствие этого, возрастанием увлаженности поверхности Земли и общим потеплением климата.

В частности, в истории Балтийского моря влияние эвстатического и эндогенного факторов в подъеме уровня начинает сказываться с литоринового времени, когда восстановилась связь моря с океаном (7200 лет назад). В сочетании с тектоническим опусканием, особенно заметным в Южной Балтике, и прочностными характеристиками верхов осадочного чехла прогрессирующий подъем уровня моря во второй половине голоцена они определяют темпы разрушения и абразии берегов. Все берегозащитные работы в Южной Балтике должны строиться с учетом прогнозируемого повышения уровня моря, которое с учетом тектонического фактора составляет около 3,5 м в тысячу лет.

§ 3. Подземные воды

Подземные воды - это воды, находящиеся в верхней части земной коры (до глубины 12-16 км) в *жидком, твердом и парообразном* состояниях. Основная масса их образуется вследствие просачивания с поверхности дождевых, талых и речных вод. Подземные воды постоянно перемещаются как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Глубина их залегания, направление и интенсивность движения зависят от водопроницаемости пород. К *водопроницаемым* породам относят галечники, пески, гравий. К *водонепроницаемым* (водоупорным), практически не пропускающим воду -

глины, плотные без трещин горные породы, мерзлые грунты. Слой горной породы, в котором заключена вода, называется *водоносным*.

По условиям залегания подземные воды подразделяют на три вида: *почвенные*, находящиеся в самом верхнем, почвенном слое; *грунтовые*, залегающие на первом от поверхности постоянном водоупорном слое; *межпластовые*, находящиеся между двумя водоупорными пластами. *Грунтовые* воды питаются просочившимися атмосферными осадками, водами рек, озер, водохранилищ. Уровень грунтовых вод колеблется по сезонам года и различен в разных зонах. Так, в тундре он практически совпадает с поверхностью, в пустынях находится на глубине 60-100 м. Распространены они почти повсеместно, не обладают напором, перемещаются медленно (в крупнозернистых песках, например, со скоростью 1,5-2,0 м в сутки). Химический состав подземных вод неодинаков и зависит от растворимости прилегающих пород. По химическому составу различают пресные (до 1 г солей на 1 л воды) и *минерализованные* (до 50 г солей на 1 л воды) подземные воды. Естественные выходы подземных вод на земную поверхность называется *источниками* (родниками, ключами). Они образуются обычно в пониженных местах, где земную поверхность пересекают водоносные горизонты. Источники бывают *холодными* (с температурой воды не выше 20°C, *теплыми* (от 20 до 37°C) и *горячими*, или термальными (свыше 37°C). Периодически фонтанирующие горячие источники называются *гейзерами*. Они находятся в областях недавнего или современного вулканизма (Исландия, Камчатка, Новая Зеландия, Япония). Воды минеральных источников содержат разнообразные химические элементы и могут быть углекислыми, щелочными, соляными и т.д. Многие из них имеют лечебное значение.

Подземные воды пополняют колодцы, реки, озера, болота; растворяют различные вещества в породах и переносят их; вызывают оползни, заболачивание. Они обеспечивают растения влагой и население питьевой водой. Источники дают наиболее чистую воду. Водяной пар и горячая вода гейзеров служат для отопления зданий, теплиц и энергетических установок.

Запасы подземных вод очень велики - 1,7%, но возобновляются крайне медленно, и это необходимо учитывать при их расходовании. Не менее важна и охрана подземных вод от загрязнений.

§ 4. Реки

Река - это естественный водный поток, текущий по одному и тому же месту постоянно или с перерывами в сухой сезон (пересыхающие реки). Место начала реки называется ее *истоком*. Истоком могут служить озера, болота, источники, ледники. Место впадения реки в море, озеро или другую реку называется *устьем*. Река, впадающая в другую реку, называется *притоком*.

Устья рек могут быть дельтами и эстуариями. *Дельты* возникают на мелководных участках моря или озера в результате накопления речных отложений, имеют в плане форму треугольника. Русло реки здесь ветвится на множество рукавов и проток, располагающихся обычно веерообразно. *Эстуарии* - однорукавные, воронкообразные устья рек, расширяющиеся в сторону моря (устья Темзы, Сены, Конго, Оби). Обычно прилегающая к эстуарии часть моря имеет большие глубины, а речные наносы удаляются морскими течениями. Немноговодные пустынные реки иногда оканчиваются *слепыми* устьями, т.е. не доходят до водоема (Мургаб, Теджент, Куперс-Крик).

Главная река со всеми притоками образует *речную систему*. Территория, с которой река собирает поверхностные и подземные воды, называется *бассейном*. У каждой реки свой бассейн. Крупнейшие бассейны имеют реки Амазонка (более 7 млн. км²), Конго (около 4 млн. км²), в России - Обь (около 3 млн. км²) - см. табл. V.1. Граница между бассейнами рек называется *водоразделом*.

Текучая вода реки за длительное время вырабатывает длинные и сложные речные долины. *Речная долина* - вогнутая извилистая форма рельефа, которая тянется от истока до устья и имеет уклон в сторону устья. Она состоит из русла, поймы, террас.

Таблица V.1

Главные реки мира		
Название	Длина, км	Площадь бассейна, тыс. км ²
Европа		
Волга	3531	1360
Дунай	2857	817
Урал	2428	237

Днепр	2000	504
Дон	1870	422
Рейн	1320	252
Эльба (Лаба)	1165	144
Висла	1068	193
Одер (Одра)	861	119
Азия		
Янцзы	5800	1808
Хуанхе	4875	745
Амур (с Аргунью)	4440	1855
Лена	4440	2490
Меконг	4350	795
Енисей (с Бий-Хемом)	4092	2580
Обь	3650	2990
Инд	2880	1116
Ганг	2527	990
Африка		
Нил (с Кагерой)	6671	2870
Конго (Заир)	4320	3690
Нигер	4160	2092
Замбези	2660	1330
Америка		
Миссисипи (с Миссури и Ред-рок)	6019	3238
Св. Лаврентия	3057	1269
Колорадо	2333	428
Колумбия	1953	771
Амазонка (с Мараньоном)	6400	7180
Парана	4380	2633
Ориноко	2574	1086
Австралия		
Муррей (с	3717	910

Русло - углубление в речной долине, по которому постоянно текут воды реки. *Пойма* - часть речной долины, которая заполняется водой в период половодья. Над поймой обычно поднимаются склоны долины, часто ступенчатой формы. Эти ступени называются *террасы*. Они возникают в результате размывающей деятельности (эрозии) реки. Речное русло в плане обычно имеет извилистую форму и характеризуется чередованием более глубоких участков (*плесов*) с более мелкими (*перекатами*). Извилины реки называются *излучинами*, или меандрами, линии наибольших глубин - *фарватером*.

Все приведенные характеристики реки - ее *природные* характеристики. Кроме них - и не менее важным - является комплекс расчетных характеристик, которые тесно связаны, а иногда и перемежаются с природными.

Важными характеристиками реки служат ее падение, уклон, скорость течения, расход и сток. *Падение* реки - превышение ее истока над устьем (разность высот двух пунктов). *Уклон* русла - отношение падения к длине реки. К примеру, высота истока Волги 226 м, устья -28 м, длина 3530 км. Тогда ее уклон будет равен: $226 - (-28) / 3530 = 7,2$ см/км. Так же вычисляются падения и уклоны отдельных участков реки, если известны их высота и длина. Падение и уклоны, как правило, уменьшаются от истоков к устью, от их величины зависит скорость течения, они характеризуют энергию потока.

Каждая река имеет *верхнее*, *среднее* и *нижнее* течения. Верхнее течение отличается значительными уклонами и большой размывающей деятельностью, нижнее - наибольшей массой воды и меньшей скоростью.

Скорость течения водного потока измеряется в метрах в секунду (м/с) и неодинакова в различных ее частях. Она последовательно увеличивается от дна и стенок русла к средней части потока. Измеряется скорость различными способами, например, гидрологическими поплавками или гидрометрическими вертушками.

Водный режим реки характеризуется расходом воды и стоком. *Расход* - это количество воды, проходящее по руслу реки в одну секунду, или объем воды, протекающий через поперечное сечение потока в единицу времени. Обычно

расход выражается в кубических метрах в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$). Он равен площади поперечного сечения потока умноженной на среднюю скорость течения. Расход воды за длительное время - месяц, сезон, год - называется *стоком*. Количество воды, которое несут реки в среднем за год, называется *водоносностью*.

Самая многоводная река земного шара - Амазонка. Ее средний расход - 20 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$, годовой сток около 7 тыс. км^3 . В нижнем течении ширина Амазонки в некоторых местах достигает до 80 км. На втором месте по водности стоит р.Конго (расход - 46 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$), затем Ганг, Янцзы. В России наиболее многоводные реки Енисей (расход 19,8 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$) и Лена (17 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$). Самая длинная река в мире - Нил (с Кагерой) - 6671 км, в России - Амур (с Аргунью) - 4440 км.

Реки в зависимости от рельефа разделяются на две большие группы: равнинные и горные. Многие реки в верховьях - горные, в среднем и нижнем течении - равнинные. *Горные* реки имеют значительные падения и уклоны (до 2,4 и даже до 10 м/км), быстрое течение (3-6 м/с), обычно текут в узких долинах. Участки рек с бурным течением, приуроченные к местам выходов на поверхность труднорастворимых пород, носят название *порогов*. Падение воды с отвесного уступа в русле реки называется *водопадом*. Самый высокий водопад на Земле - Анхель (1054 м) на р.Карони (приток Ориноко, Ю.Америка); водопад Виктория на р.Замбези (Африка) имеет высоту 120 м, а ширину - 1800 м. *Равнинные* реки характеризуются незначительными падениями и уклонами (10-110 см/км), медленным течением (0,3-0,5 м/с), обычно текут в широких долинах.

Значительную часть водного потока составляют растворенные соли и твердые вещества. Весь переносимый рекой твердый материал называют *твердым стоком*. Выражают его массой или объемом материала, который переносит река за определенное время (сезон, год). Это чрезвычайно большая работа рек. Средний годовой твердый сток, например, Амударьи составляет около 100 млн. т твердого материала. Речные наносы засоряют оросительные системы, заполняют водохранилища, затрудняют работу гидротурбин. От объема твердого стока зависит мутность воды, которая измеряется в граммах вещества, содержащегося в 1 м^3 воды. На равнинах мутность речных вод наименьшая в лесной зоне (в тайге - до 20 $\text{г}/\text{м}^3$), а наибольшая - в степной (500 - 1000 $\text{г}/\text{м}^3$).

Важнейшей характеристикой рек является их *питание*. Выделяются четыре источника питания: *снеговое, дождевое, ледниковое, подземное*. Роль каждого из них в разные сезоны года и в разных местах неодинакова. Большинство рек имеет *смешанное* питание. Дождевое характерно для рек экваториальных, тропических и муссонных областей. Снеговое питание отмечается у рек умеренных широт с холодными, снежными зимами. Ледниковое питание получают реки, начинающиеся в высоких, покрытых ледниками горах. Почти все реки в той или иной мере питаются подземными водами. Благодаря им реки не пересыхают летом и не иссякают подо льдом.

От питания в значительной мере зависит режим рек. *Режим* рек - это изменение величины расхода воды по сезонам года, колебание уровня, изменение температуры воды. В годовом водном режиме рек выделяются периоды с типично повторяющимися уровнями, которые называются меженью, половодьем, паводком.

Межень - наиболее низкий уровень воды в реке. В межени расход и сток рек незначительны, главный источник питания - подземные воды. В умеренных и высоких широтах бывает летняя и зимняя межень. *Летняя* межень наступает в результате поглощения осадков почвой и сильного испарения, *зимняя* межень - в результате отсутствия поверхностного питания.

Половодье - высокий и длительный подъем уровня воды в реке, сопровождающийся затоплением поймы. Наблюдается ежегодно в один и тот же сезон. В половодье реки имеют наибольшую водность, на этот период приходится большая часть годового стока (до 60-80%). Половодья вызываются весенним таянием снега на равнинах или летним таянием снега и льда в горах и в полярных областях. Нередко половодья вызывают длительные и обильные дожди в теплый период года.

Паводок - быстрое, но кратковременное поднятие уровня воды в реке. В отличие от половодья паводок возникает нерегулярно. Образуется обычно от дождей, иногда от быстрого таяния снега или сбросов воды из водохранилищ. Вниз по реке паводок распространяется волной, которая постепенно затухает.

Наводнения - наиболее высокие подъемы воды, затопляющие местности, расположенные в речной долине, и прилегающие низинные территории. Наводнения образуются в результате обильного притока воды в период снеготаяния или ливней, а также вследствие загромождения русла льдом в

период ледохода. В Калининградской области (р.Преголя) и Санкт-Петербург (р.Нева) они связаны также с ветровым нагоном воды со стороны моря и подпора речного потока. Наводнения часты на реках Дальнего Востока (муссонные дожди), на Миссисипи, Огайо, Дунае, Ганге и др. Они причиняют большой вред.

Реки холодных и умеренных широт в холодный период года замерзают и покрываются льдом. Мощность ледяного покрова может достигать 2 м и более. Однако некоторые участки рек не замерзают, например, на мелком участке с быстрым течением, или при выходе рек из глубокого озера, или на месте большого количества источников. Эти участки называются *полянками*.

Вскрытие реки весной, при котором наблюдается движение разломанных льдин вниз по течению реки, называется *ледоходом*. Ледоход нередко сопровождается заторами и зажорами. *Заторы* - скопление пльвущего льда, вызванное какими-либо препятствиями. *Зажоры* - скопление внутриводного льда. Те и другие вызывают резкий подъем уровня воды, а при прорыве - быстрое ее движение вместе со льдом.

§ 5. Использование рек. Каналы. Водохранилища

Из поверхностных вод наибольшее значение в жизни и хозяйственной деятельности человека имеют реки. Реки способствуют экономическому развитию государств. По берегам рек издревле люди создавали свои поселения, с незапамятных времен и до сих пор реки служат путями сообщения. Воды рек используются для водоснабжения населения питьевой и технической водой, для рыболовства и гигиены человека, а в последние годы все более активно - для отдыха и лечения. Реки широко используются для орошения и полива полей, заключают в себе огромный запас дешевой энергии и благодаря созданию электростанций являются важнейшим источником электроэнергии. С полным правом можно вспомнить древнее изречение: “Вода - это жизнь!”

Опыт постоянного обитания человека на берегах рек подсказал пути кратчайшего перехода из одной реки в другую. Это как бы соединяло разные реки и значительно расширяло возможности их использования для плаваний. В засушливых районах воды рек также с древних времен активно использовались для орошения с помощью отводов части вод на поля (арыки).

Позднее в интересах хозяйственной деятельности человеком стали создаваться постоянные и более грандиозные гидротехнические сооружения. Стали сооружаться *каналы*, предназначенные для орошения, водного транспорта, обеспечения населения питьевой и технической водой. Каракумский канал несет часть вод Амударьи в Ашхабад, Саратовский канал - воды Волги в заволжские степи, а Северо-Крымский канал - в степи Крыма. Судходные каналы соединяют естественные морские и речные пути. Они обеспечивают кратчайший водный путь между морями. Главнейшие судходные каналы России: Волго-Донской (соединяет Волгу и Дон), Беломоро-Балтийский (Белое море и Онежское озеро), Волго-Балтийский водный путь (Волга - Рыбинское водохранилище - Онежское озеро), канал Волга - Москва. Система этих каналов образует сквозной водный путь между Белым и Балтийскими морями на северо-западе и Каспийским, Азовским и Черным на юге.

Каналы перераспределяют сток рек, резко увеличивают расход воды, что может привести и к негативным последствиям: увеличение расхода воды в Амударье уменьшило поступление ее вод в Аральское море. В результате море пересыхает, повысилась его засоленность, а береговая линия отступила на 20, в отдельных местах на 150 км.

Строительство каналов, многочисленных гидроэлектростанций потребовало перераспределения речного стока этих рек во времени, создания запасов воды для нормального функционирования всей системы. С этой целью стали создавать искусственные *водохранилища*. Крупнейшими водохранилищами в нашей стране являются: Братское на Ангаре, Куйбышевское, Рыбинское, Волгоградское на Волге, Киевское, Кременчугское и Каховское на Днепре, Воткинское и Камское на Каме, а также Цимлянское, Вилейское и другие. Водохранилища имеют черты сходства с озером и рекой: с первым - по замедленному водообмену, со второй - по поступательному характеру движения вод.

Как крупные сооружения водохранилища нарушают природный баланс местности: происходит затопление плодородных земель, заболачивание прилегающих территорий, вырубка лесов, в реках прерываются генетические миграционные пути рыб, нередко непрогнозируемо меняется погода.

§ 6. Озера

Озеро - это замкнутое углубление суши, заполненное водой и не имеющее непосредственной связи с океаном. В отличие от рек озера - водоемы замедленного водообмена. Общая площадь озер Земли около 2,7 млн. км², или около 1,8% поверхности суши. Озера распространены повсеместно, но неравномерно. На географическое размещение озер большое влияние оказывает климат, обуславливающий их питание и испаряемость, а также факторы, содействующие образованию озерных котловин. В районах с влажным климатом озер много, они полноводны, пресны и в основном проточные. В районах с сухим климатом при прочих равных условиях озер меньше, зачастую они маловодны, чаще бессточные, а в связи с этим нередко соленые. Таким образом, распределение озер и их гидрохимические особенности обусловлены географической зональностью.

Самое крупное озеро - Каспийское (площадь 368 тыс. км²). Крупнейшими являются также озера Верхнее, Гурон и Мичиган (Сев. Америка), Виктория (Африка), Аральское (Евразия). Самыми глубокими - Байкал (Евразия) - 1620 м и Танганьика (Африка) - 1470 м.

Озера принято классифицировать по четырем признакам:

- происхождение озерных котловин;
- происхождение водной массы;
- водный режим;
- соленость (количество растворенных веществ).

По *происхождению озерных котловин* озера подразделяются на пять групп.

1. *Тектонические* озерные котловины образуются в результате образования трещин, разломов и опусканий земной коры. Они отличаются большой глубиной и крутизной склонов (Байкал, Великие Североамериканские и Африканские озера, Виннипег, Большое Невольничье, Мертвое море, Чад, Эйр, Титикака, Поопо и др.).

2. *Вулканические*, которые образуются в кратерах вулканов или в понижениях лавовых полей (Курильское и Кроноцкое на Камчатке, многие озера о.Явы и Новой Зеландии).

3. *Ледниковые* озерные котловины образуются в связи с выпахивающей деятельностью ледников (размывом) и скоплением вод перед ледниковыми

формами рельефа, когда ледник при таянии отлагал переносимый материал, образуя холмы, гряды, возвышенности и понижения. Эти озера обычно узкие и длинные, сориентированные по линиям таяния ледника (озера Финляндии, Карелии, Альп, Урала, Кавказа и др.).

4. *Карстовые* озера, котловины которых возникали в результате провалов, просадок почвы и размыва горных пород (известняки, гипсы, доломиты). Растворение этих пород водой приводит к образованию глубоких, но незначительных по площади озерных котловин.

5. *Запрудные* (завальные, или плотинные) озера возникают в результате преграждения русла (долины) реки глыбами пород при обвалах в горах (о.Севан, Тана, многие озера Альп, Гималаев и других горных стран). От большого горного обвала на Памире в 1911 г. образовалось Сарезское озеро глубиной 505 м.

Ряд озер образован иными причинами:

- *лиманские* озера распространены на берегах морей - это прибрежные участки моря, обособившиеся от него посредством прибрежных кос;
- *озера-старицы* - озера, возникшие в старых руслах рек.

По происхождению *водной массы* озера бывают двух типов.

1. *Атмосферные*. Это озера, которые никогда не были частью Мирового океана. Такие озера на Земле преобладают.

2. *Реликтовые*, или остаточные, озера, которые появились на месте отступивших морей (Каспийское, Аральское, Ладожское, Онежское, Ильмень и др.). В недалеком прошлом Каспийское море соединялось с Азовским проливом, существовавшим на месте нынешней долины реки Маныч.

По *водному режиму* также выделяют два типа озер - сточные и бесточные.

1. *Сточные* озера - это озера, в которые впадают и из которых вытекают реки (озера имеют сток). Эти озера находятся чаще всего в зоне избыточного увлажнения.

2. *Бессточные* - в которые реки впадают, но ни одна не вытекает (озера не имеют стока). Такие озера находятся преимущественно в зоне недостаточного увлажнения.

По количеству растворенных веществ выделяется четыре типа озер: пресные, соленые, солоноватые и минеральные.

1. *Пресные* озера - соленость которых не превышает 1‰ (одной промилле).

2. *Солоноватые* - соленость таких озер до 24‰.

3. *Соленые* - с содержанием растворенных веществ в пределах 24,7-47‰.

4. *Минеральные* (47‰). Эти озера бывают содовыми, сульфатными, хлоридными. В минеральных озерах соли могут выпадать в осадок. Например, самосадочные озера Эльтон и Баскунчак, где добывается соль.

Обычно сточные озера пресные, так как вода в них непрерывно обновляется. Бессточные озера чаще бывают солеными, потому что в расходе воды у них преобладает испарение, а все минеральные вещества остаются в водоеме.

Озера, как и реки, - важнейшие природные ресурсы; используются человеком для судоходства, водоснабжения, рыболовства, орошения, получения минеральных солей и химических элементов. В отдельных местах небольшие озера нередко искусственно создаются человеком. Тогда их также называют *водохранилища*.

§ 7. Болота

В результате накопления наносов и зарастания озера постепенно мелеют, а затем превращаются в болота и становятся сушей.

Болота - избыточно увлажненные участки суши со своеобразной болотной растительностью и слоем торфа не менее 0,3 м. При меньшей мощности торфа или его отсутствии избыточно увлажненные территории называются *заболоченными землями*. Болота формируются при зарастании водоемов или застое воды в лесах, на лугах, вырубках, гарях и т.п. Они могут возникать как в пониженных рельефах, так и на водоразделах. Развитию болот способствуют равнинный и слабо расчлененный рельеф, избыточное увлажнение, водонепроницаемость грунтов, близкое расположение грунтовых вод, а также многолетняя мерзлота. Болота развиваются в разных климатических условиях, но особенно характерны для лесной зоны умеренного пояса и тундр. На их долю в Полесье приходится 28%, в Карелии - около 30%, а в Западной Сибири (Всьюганье) - свыше 50% территории. Резко уменьшается заболоченность в степных и лесостепных зонах, где меньше осадков, а испаряемость усиливается. Общая площадь, занимаемая болотами, составляет около 2% площади суши.

По характеру водного питания и растительности болота делятся на три типа: низинные, верховые и переходные.

Низинные болота образуются на месте бывших озер, в долинах рек и в понижениях, которые постоянно или временно затопляются водой. Питаются они преимущественно грунтовыми водами, богатыми минеральными солями. В растительном покрове господствуют зеленые мхи, различные осоки и злаки. На более старых болотах появляются береза, ольха, ивы. Эти болота отличаются слабой заторфованностью - мощность торфа не превышает 1-1,5 м.

Верховые болота формируются на плоских водоразделах, питаются в основном атмосферными осадками, для растительности характерен ограниченный видовой состав - сфагновые мхи, пушица, багульник, клюква, вереск, а из древесных - сосна, береза, реже кедр и лиственница. Деревья сильно угнетены и низкорослы. Сфагновый мох лучше произрастает в середине болотного массива, на окраинах он угнетается минерализованными водами. Поэтому верховые болота несколько выпуклые, их середина возвышается на 3-4 м. Торфяной слой достигает толщины 6-10 м и более.

Переходные болота занимают промежуточное положение, по характеру питания и растительности являются смешанными. Они имеют грунтовое и атмосферное питание. Здесь встречаются осока и камыши, много торфяных мхов, заросли берез и т.д.

Болота не остаются неизменными. Наиболее характерный процесс - смена низинных болот в результате накопления растительной массы и торфа переходными, а затем верховыми. Верховые болота зарастают луговой или лесной растительностью.

Болота имеют большое значение. В них добывается торф, который используется как экологически чистое топливо и удобрение, а также для получения ряда химических веществ. После осушения болота превращаются в высокоурожайные поля и луга. Но вместе с тем болота влияют на климат прилегающих мест, являются природными резервуарами воды, которые часто питают реки.

§ 8. Ледники

Ледник - движущиеся массы льда, возникшие на суше в результате накопления и постепенного преобразования твердых атмосферных осадков. Образование их возможно там, где в течение года твердых осадков выпадает

больше, чем успевают растаять или испариться. Граница, выше которой возможно накопление снега (преобладание отрицательных температур в течение года), называется *снеговой линией*. Ниже снеговой линии преобладают положительные температуры и весь выпавший снег успевают растаять. Высота снеговой линии зависит от климатических условий, на экваторе она расположена на высоте 5 км, в тропиках - 6 км, а в полярных районах опускается до уровня океана.

В леднике выделяют области *питания* и *стока*. В области питания снег, накапливаясь, образует лед. В области стока происходит таяние ледника и его разгрузка механическим путем (отрывы, обвалы, сползание в море). Положение нижнего края ледника может изменяться, он наступает или отступает. Ледники движутся медленно, от 20 до 80 см в сутки, или 100-300 м в год в горных странах. Полярные ледники (Гренландия, Антарктида) движутся еще медленнее - от 3 до 30 см в сутки (10-130 м в год).

Ледники делятся на материковые (покровные) и горные. *Материковые* (Гренландия, Антарктида и др.) занимают 98,5% площади современного оледенения, покрывают поверхность суши независимо от ее рельефа. Они имеют плоско-выпуклую форму в виде куполов или щитов, поэтому и называются *ледяными щитами*. Движение льда направлено по уклону поверхности ледника - от центра к периферии. Лед материковых ледников расходуется главным образом за счет обламывания его концов, спускающихся в море. В результате образуются плавающие ледяные горы - айсберги, которые чрезвычайно опасны для мореплавания. Пример материкового (покровного) оледенения - ледяной покров Антарктиды. Его мощность достигает 4 км при средней толщине 1,5 км. Горные ледники отличаются значительно меньшими размерами и многообразием форм. Они расположены на вершинах гор, занимают долины и понижения на склонах гор. Горные ледники расположены на всех широтах: от экватора до полярных островов. Формы ледника предопределяются рельефом, но наибольшее распространение имеют долинные горные ледники. Самые крупные горные ледники находятся на Аляске и Гималаях, Гиндукуше, на Памире и Тянь-Шане.

Общая площадь ледников на Земле около 16,1 млн. км², или 11% суши (преимущественно в полярных широтах). Ледники - огромные природные

кладовые пресных вод. В них сосредоточено во много раз больше пресной воды, чем в реках и озерах вместе взятых.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература				
	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Колич
Л1.1	Попова О. Б.	ЭБС Руконт. Введение в географию : учеб.-метод. пособие	Оренбург: ОГУ, 2012.- 109 с.	40
Л1.2	Дубцова М. М.	ЭБС Руконт. География для экологов : учеб. пособие	Чита : ЗабГГПУ, 2011 .—295 с.	40
Л1.3	Тархов С. А.	ЭБС Руконт. География: учебник	М.: Советский спорт, 2008 . 344 с.	40
Л1.4	Т.А. Девятова, Л.А. Яблонских.	ЭБС Руконт. Биогеография и почвоведение	Воронеж : ВГУ, 2010 .— 94 с.	40
Л1.5	Барановский А.В	География Рязанской области	Рязань: СТИ, 2012.- 110 с.	10
Л1.6	Королёва Л. В.	ЭБС Руконт. География: сб. практ. и тестовых заданий	Химки : РМАТ, 2010.- 112 с.	40
Дополнительная литература				
Л2.1	Гусева О.А.	ЭБС Руконт. Основы ландшафтоведения: учеб пособие	Ярославль: ЯрГУ, 2005 .160 с.	40
Л2.2	Н. П. Евстратов, С. В. Егорова.	ЭБС Руконт. Ландшафтоведение: курс лекций	Брянск: БГИТА, 2011.- 108 с.	40
Л2.3.	Нуждин Б. В.	ЭБС Руконт. География Ярославской области : учеб. пособие	Ярославль: ЯрГУ, 2008 . 120 с.	40

Подписано в печать 21.02.21.
Электронное издание.

Издательство Современного технического университета
390048, г. Рязань, ул. Новоселов, 35А.
(4912) 300630, 30 08 30