

**Лекция 4. КРУГОВОРОТ ВОДЫ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ.
ЗАПАСЫ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ И В РОССИИ.**

Вопросы:

- 1. Основные гидрологические процессы**
- 2. Распределение суши и воды на Земном шаре.**
- 3. Круговорот воды на земном шаре.**
- 4. Водный баланс и водные ресурсы мира и России.**

1. Основные гидрологические процессы.

К числу основных гидрологических процессов на Земле относятся следующие:

1. Выделение воды в ювенильных процессах (извержение вулканов, гейзеры, фумаролы);
2. Испарение воды (физическое и биологическое);
3. Осаждение жидкой воды, льда и снега на поверхности земли, растений, внутри почвы и геологических пород (атмосферные осадки и конденсация);
4. Поступление воды за счет таяния льда и снега;
5. Перемещение снега под действием ветра;
6. Перемещение жидкой воды на поверхности, в почвах и горных породах под действием силы тяжести, сил поверхностного натяжения, термодинамического потенциала, ветрового воздействия, градиента плотности;
7. Перемещение льда под действием силы тяжести;
8. Перенос водяного пара в атмосфере, почве и горных породах.

В ходе извержения вулканов, гейзеров и фумарол на в атмосферу и поверхность земли поступает **вода, содержащаяся в потоках лавы и раскаленных газов.** Количественно она трудно поддается измерению. Большинство специалистов считает, что в данный период развития Земли роль этого источника незначительна. Однако на ранних этапах геологического развития данный источник мог быть основным в формировании гидросферы.

Испарение воды – физическое и биологическое (в процессе фотосинтеза) является основным источником поступления влаги в атмосферу, а оттуда – на поверхность земли, в почву и водоносные горизонты. **Физическое испарение** представляет собой итог двух процессов: отрыва молекул от жидкости и переноса ее в атмосферу и возвращение

молекул в жидкость из приводного слоя. Преобладание того или иного процесса определяет величину испарения с поверхности воды и почвы. На величину физического испарения наибольшее влияние оказывает температура испаряющей поверхности, влажность воздуха и скорость ветра.

Биологическое испарение (транспирация) – представляет заключительный этап процесса фотосинтеза, в ходе которого водяной пар выходит через устьичные отверстия. На процесс биологического испарения влияют температура и влажность воздуха и влажность почвы. При оптимальном увлажнении почвы биологическое испарение может превысить испарение с водной поверхности.

Осаждение жидкой воды, льда и снега на поверхности земли, растений, внутри почвы и геологических пород создает условия для образования водных объектов на поверхности суши (водотоки, водоемы, ледники и снежный покров, болота) и внутри земли (почвенная влага, грунтовые и артезианские воды). Роль того или иного вида осадков зависит от климатических условий. Осаждение создает условия для поверхностного и подземного стекания, процессов эрозии и аккумуляции вещества, переноса растворенных веществ.

Поступление воды за счет таяния льда и снега играет большую роль в областях умеренного и полярного климата, горных районах. В холодные периоды здесь происходит процесс накопления воды в твердом виде. В теплый период эти осадки быстро тают, вызывая значительное увеличение расходов и уровней.

В этих же районах иногда значительную роль играет **перемещение снега**, вызывающее перераспределение запасов снега по территории в холодный период со снегонакоплением в депрессиях рельефа и лесных массивах и уменьшением на открытых пространствах. Особенно выражены эти процессы в районах лесостепи и степи.

Перемещение жидкой воды на поверхности, в почвах и горных породах под действием силы тяжести, сил поверхностного натяжения, термодинамического потенциала, ветрового воздействия, градиента плотности является очень важным гидрологическим процессом, позволяющим обеспечивать перераспределение влаги на поверхности и в толще горных пород и перенос веществ (нерастворимых и растворимых) на большие расстояния. Количественно процесс характеризуется величиной расхода и скорости потока воды.

Перемещение льда под действием силы тяжести является достаточно важным процессом в ледниковых районах, обеспечивающим поступление льда к местам таяния или уноса льда морскими течениями.

Перенос водяного пара в атмосфере, почве и горных породах обеспечивает перераспределение воды в атмосфере и перенос паров воды с океана на сушу и обратно.

Все гидрологические процессы на земле взаимосвязаны и образуют единый процесс круговорота воды на земле или гидрологический цикл.

2. Распределение суши и водной поверхности на земном шаре

Водное пространство земного шара, занятое океанами и морями, представляет собой единую поверхность, называемую Мировым океаном.

Из 510 млн. км² всей поверхности земного шара 361,3 млн. км², или 71%, приходится на Мировой океан и 149 млн. км², или 29%, - на сушу. Таким образом, площадь поверхности Земли, занятой водами океанов и морей, почти в 2,5 раза превосходит площадь суши.

Мировой океан подразделяется на 4 океана: Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. Внутри каждого океана выделяют моря, заливы, бухты и проливы.

Суша земного шара разделена на 5 огромных массивов - материков или континентов - Евразию, Африку, Австралию, Америку, Антарктиду.

Большая часть суши расположена в северном полушарии, где она занимает 100 млн. км², или 39%, а в южном полушарии на ее долю приходится всего 49 млн. км², или 19%, поверхности этого полушария. Площадь поверхности, покрытой водой, в северном полушарии равна 155 млн. км², или 61%; в южном же полушарии она составляет 206 млн. км² или 81% (в пределах каждого полушария).

Распределение площадей суши и водного пространства земного шара приводится в табл. 1.

Таблица 1

Распределение суши и водной поверхности на земном шаре

Суша	Общая площадь с островами, млн. км ²	Океаны	Общая площадь зеркала, млн. км ²
Евразия	54,0	Тихий	178,7
Африка	30,1	Атлантический	91,7
Америка	42,0	Индийский	76,2

Австралия и Океания Антарктида	8,9 14,0	Северный Ледовитый	14,7
Вся суша (с островами)	149,0	Мировой океан	361,3

Поверхность суши земного шара по условиям стока воды делится на две части: область внешнего стока и область внутреннего стока. Из 149 млн. км² площади суши область внешнего стока занимает 119 млн. км², или 80%, а остальные 30 млн. км², или 20%, приходятся на область внутреннего стока. Кроме того, главный водораздел суши делит ее на две покатости: первая - со стоком в Атлантический и Северный Ледовитый океан и вторая - со стоком рек в Тихий и Индийский океаны.

С области внешнего стока суши воды поступают непосредственно в океаны или моря, соединенные с Мировым океаном.

Область внутреннего стока или бессточная область суши не имеет стока в океан, вода ее рек поступает в бессточные озера.

3. Круговорот воды на земном шаре.

Вода на земном шаре находится в непрерывном движении, в процессе которого она переходит из одного состояния в другое. В этом вечном движении принимают участие воды океанов и морей, а также воды атмосферы и находящиеся в пределах суши.

Основной причиной круговорота воды является поступление коротковолновой солнечной энергии, поступающей на всю земную поверхность в количестве, равном $56,1 \cdot 10^{20}$ Кдж/год.

Солнечная энергия обуславливает все гидрологические процессы, происходящие в гидросфере: испарение, осадки, ветры, течения и пр., так и все явления органической и неорганической жизни на земле. Испарение воды и образование облаков, выпадение осадков в виде дождя и снега, таяние ледников и течение рек, высыхание почвы и водоемов, движение воды в подземных водоносных горизонтах представляют собой звенья общего круговорота воды на земном шаре.

Количество воды, испаряющейся в течение года с поверхности земного шара, составляет 577 тыс. км³. Большая часть (502,5 тыс. км³) приходится на Мировой океан и меньшая (74,9 тыс. км³) - на сушу. Для испарения этой огромной массы воды,

участвующей в круговороте, требуется около $12,56 \cdot 10^{20}$ кДж, что равно 22,4% всей достигающей поверхности земли солнечной энергии.

Под влиянием солнечного тепла с поверхности океанов и морей непрерывно испаряется большое количество воды. Эта масса влаги, поднимаясь в атмосферу в виде пара, переносится воздушными течениями за сотни и тысячи километров на материки.

Пары, попадая в атмосферу, при определенных условиях сгущаются (конденсируются), образуя облака, которые дают осадки, выпадающие на земную поверхность в виде дождя, снега, града и т. и. Выпавшие на сушу осадки просачиваются в почву и питают грунтовые воды, стекают по склонам местности, образуя ручьи и реки, а оставшая часть их снова испаряется.

Атмосферные осадки, стекающие через реки и подземные потоки в моря и океаны, вновь испаряются с их поверхности; затем происходит перенос водяных паров и снова возвращение их на поверхность суши в виде различного рода осадков и т. д. (рис.1).

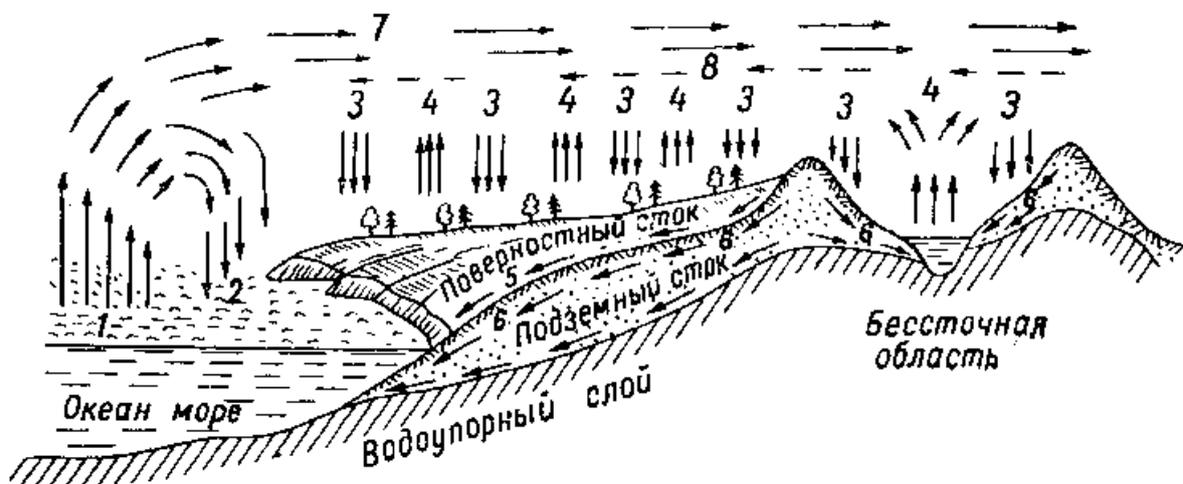


Рис. 1. Схема круговорота воды в природе.

1- испарение с океана, моря; 2 - осадки в океан, море; 3 - осадки на поверхности суши; 4 - испарение с поверхности суши; 5 - поверхностный сток в океан, море (бессточное море); 6 - подземный сток в океан, море (бессточное море); 7 - перенос влаги с океана, моря на сушу; 8 - перенос влаги с суши в океан, море.

Этот непрерывный замкнутый процесс обмена влагой между атмосферой и земной поверхностью называется круговоротом воды в природе. Отмечают два вида круговорота воды:

1) малый или океанический, круговорот, когда испарившаяся с поверхности океанов и морей влага не переносится на сушу, а, поднявшись вверх, конденсируется и возвращается непосредственно в моря и океаны в виде атмосферных осадков;

2) большой круговорот - это процесс перемещения воздушными течениями на материке водяных паров, не выпавших в виде осадков в океаны и моря; выпадающие на поверхности суши атмосферные осадки затем снова поступают в моря и океаны в виде стока рек.

Большой круговорот включает местный, или внутриматериковый влагооборот, происходящий непосредственно на суше, когда часть выпавших осадков испаряется и снова конденсируется (превращается в облака), затем опять выпадает в виде дождя или снега на поверхность земли. Эта влага, прежде чем вернуться в океан, совершает несколько оборотов, снабжая влагой территории, далеко отстоящие от океана.

Продвижение влаги внутрь материка можно проследить на примере Европейской территории России, Западной Сибири и южной части Казахстана, представляющих в климатическом отношении нечто целое. Весь этот район обеспечивается влагой, поступающей со стороны Атлантического океана и Балтийского моря. Западные и северо-западные ветры переносят водяные пары на юго-восток - в Нижнее Поволжье, Казахстан и на восток - в Западную Сибирь, причем чем дальше в глубь материка, тем меньше остается влаги в воздушном потоке. Некоторое пополнение влаги происходит за счет испарения с поверхности суши, где основная роль принадлежит лесу и земледельческим культурам, испаряющим в период вегетации сравнительно большое количество влаги. Водоемы суши (реки и озера) большой роли во внутриматериковом влагообороте не играют, так как они имеют незначительную общую площадь по сравнению с материком. Итак, поступление влаги в климатически «замкнутую» часть материка зависит от подачи влаги с океанов и морей и распределения этой влаги внутри самого материка под воздействием тех или иных метеорологических факторов, а также от распространения растительного покрова и наличия водоемов.

Круговорот воды в пределах бессточных областей суши является относительно самостоятельным, хотя и связанным с общим влагооборотом на земном шаре. Количество воды, участвующей в круговороте в пределах бессточных областей, составляет всего 8900 км³/год.

Незначительный влагообмен бессточных областей суши с Мировым океаном объясняется тем, что вода с бессточных областей попадает в него не путем непосредственного стока реками, а в результате переноса влаги в парообразном состоянии воздушными течениями в периферические области суши или непосредственно на моря и океаны.

Многолетние наблюдения за уровнем воды Мирового океана и стоком рек показали, что существенных изменений в их состоянии не произошло. Поэтому можно полагать, что между переносом влаги с океанов и морей на сушу и количеством воды, стекающей с поверхности суши в моря и океаны, имеется некоторое равновесие. А это означает, что чем больше испарившейся влаги, будет перенесено с океанов и морей на сушу, тем больше воды принесут реки в моря и океаны.

Таким образом, исходя из предположения, что в среднем для многолетнего периода ежегодная убыль воды из океанов и морей вследствие переноса испарившейся влаги на сушу покрывается прибылью воды, приносимой реками и подземным стоком, составим следующие два уравнения, выражающие условия равенства прихода и расхода воды: для океанов и морей

$$Z_0 = X_0 + Y_0, \quad (3.1)$$

для суши

$$Z_c = X_c - Y_c \quad (3.2)$$

где Z_0 - среднее годовое количество воды, испаряющейся с поверхности океанов и морей; Z_c - среднее годовое количество воды, испаряющейся с поверхности суши; X_0 - среднее годовое количество осадков, выпадающих на поверхность океанов и морей; X_c - среднее годовое количество осадков, выпадающих на поверхность суши; Y_c - средний годовой сток рек с поверхности суши.

Из уравнений следует, что: 1) с океанов и морей в среднем ежегодно испаряется количество воды, равное количеству выпадающих на них осадков плюс речной сток; 2) с суши в среднем ежегодно испаряется количество воды, равное количеству выпадающих на ее поверхность осадков минус речной сток.

Далее, сложив уравнения, получим общее уравнение водного баланса для всего земного шара

$$Z_0 + Z_c = X_0 + X_c, \quad (3.3)$$

т. е. испарение воды с поверхности океанов, морей и суши равно сумме осадков, выпавших на их поверхность.

Обозначим: $Z\Omega_0$ - количество воды, испаряемой океанами, морями и переносимой ветрами на сушу; $Z\Omega_c$ - количество воды, испаряемой сушей и переносимой ветрами на моря и океаны. Напишем зависимость

$$Y = Z\Omega_0 - Z\Omega_c, \quad (3.4)$$

т. е. средний годовой речной сток в океаны и моря равен разности количества воды, переносимой с океанов и морей на сушу и с суши на моря и океаны.

Величины, входящие в уравнение водного баланса формул (3.1) - (3.4), обычно выражаются в миллиметрах слоя или объемах воды (м^3 , км^3).

Представления о количестве воды, участвующей в круговороте, дают сведения об элементах водного баланса земного шара, рассчитанные специалистами ГГИ (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что годовой объем осадков для всего земного шара составляет 577 тыс. км^3 , или 1130 мм слоя, что численно равно испарению. Годовой объем осадков на континентах 119 тыс. км^3 , или 800 мм, объем осадков на океанах и морях 458 тыс. км^3 , или 1270 мм в год. Как видно, слой осадков на суше в полтора раза, а объем осадков примерно в 4 раза меньше, чем на океанах и морях. Объем суммарного речного стока в Мировой океан составляет 44,2 тыс. км^3 , или 370 мм в год.

Таблица 2

Водный баланс земного шара

Поверхность	Площадь, млн. км^2	Элементы водного баланса	Годовой объем, тыс. км^3	Годовой слой, мм
Весь земной шар.....	510	Осадки	577	1130
		Испарение	577	1130
Мировой океан	361	Осадки	458	1270
		Приток речных вод	44,2	122
		Испарение	502,5	1392
Суша область внешнего стока	119	Осадки	110	924
		Речной сток	44,2	370
		Испарение	66,0	554
Область внутреннего стока	30	Осадки	8,9	300
		Испарение	8,9	300
Вся суша	149	Осадки	119	800
		Испарение	74,9	500
		Сток	44,2	300

Примечание. Значения составляющих элементов водного баланса в объемах округлены.

4. Водный баланс и водные ресурсы мира и России.

Советник американского президента, крупный ученый и общественный деятель Сандра Постель в одной из своих статей сказала «Забудьте о нефти. Справедливое распределение пресной воды ставит такую же взрывную и далеко идущую головоломку, как и глобальное изменение климата». Это отражение взглядов политической элиты США, считающих вопросы распределения пресных водных ресурсов острейшими геополитическими проблемами. Взгляды нашей либеральной политической элиты

можно выразить одним предложением: «Пошли Вы все на фик с водными проблемами».

Рассмотрим ряд понятия, связанные с водными ресурсами. К ним относятся водность и водные ресурсы.

Под **водностью** понимают общее количество воды в одном объекте. Водность обычно характеризуется величиной стока (годового, весеннего, меженного), поскольку он определяет ежегодно возобновляемую часть воды и определяет интенсивность круговорота воды в целом.

Водные ресурсы - это объемы поверхностных и подземных вод суши (часть водности), которые используются в процессе материального производства или могут быть вовлечены в него.

Если водность целиком зависит от естественных факторов и являются естественно-научной категорией, то водные ресурсы зависят и от уровня технологии, культуры и являются социально-экономической категорией.

К концу XX в. в связи с тем, что многие регионы мира начали испытывать дефицит воды, водные ресурсы стали фактором, лимитирующим развитие производительных сил и социально-экономическую ситуацию во многих странах и даже на континентах.

Достижения научно-технического прогресса постоянно создают предпосылки для более полного использования вод благодаря рациональной организации водосберегающих технологий, включению в хозяйственный оборот не использовавшихся ранее вод (солончатых, соленых и др.), созданию различных гидротехнических сооружений, регулирующих речной сток для хозяйственных целей. Все большее внимание уделяется изучению. Учет многолетних и сезонных колебаний, процессов возобновления водных ресурсов, асинхронности их распределения по крупным регионам при оценке водных ресурсов позволяет более планомерно и рационально организовать их использование.

По подсчетам российских ученых общие запасы воды на Земле составляют 1388 млн. км³. Из этого количества воды 1338 млн. км³ или 96,4% сосредоточено в Мировом океане.

Суммарные запасы пресных вод оцениваются в 36,7 млн.км³, что составляет 2,5% общего объема воды на Земле.

Из них во льдах Антарктиды, Гренландии, островов Арктики и высокогорных районов содержится 25,8 млн. км³ или 70,2 %. Эта вода практически почти не участвует во влагообороте земного шара. При условии превращения этой огромной массы льда и снега в воду уровень в океанах и морях поднялся бы более чем на 65 м, а их площадь возросла бы на 1,5 млн. км².

Объем пресных подземных вод составляет 10,5 млн.км³ или 28,6% запасов пресных вод. Остальная часть пресных вод – 0,5 млн.км³ или 1,4% запасов пресных вод содержится в подземных льдах зоны вечной мерзлоты (0,3 млн.км³), озерах (0,091 млн.км³), в почве (0,04 млн.км³), атмосфере (0,013 млн.км³), болотах (0,011 млн.км³), водохранилищах (0,006 млн.км³), реках (0,002 млн.км³) и биологических объектах (0,001 млн.км³).

Несмотря на то, что запас пресных вод суши по сравнению с водами Мирового океана представляет весьма малую величину, его роль в природе и жизни человека неопределима.

Важное значение для оценки запасов воды и их роли в хозяйственной деятельности играет продолжительность смены воды (отношение запаса воды в водном объекте к ее расходу за год). Для биологической воды этот показатель равен нескольким часам, вод атмосферы – 8 дней, русел рек – 16 дней, воды в почве – 1 год, воды в болотах – 5 лет, вода в озерах – 17 лет, подземных вод – 1400 лет, горных ледников – 1600 лет, мирового океана – 2500 лет, полярных ледников – 9700 лет, подземного льда вечной мерзлоты – 10000 лет.

С этой точки зрения наиболее важное значение играют пресные воды с малой продолжительностью водообмена, т.е. воды рек и дренируемых реками подземных вод. Их суммарные запасы или водные ресурсы оцениваются средней многолетней величиной стока воды за год и они дают надежную характеристику возобновляемых водных ресурсов.

По последним подсчетам российских ученых возобновляемые водные ресурсы Земли составляют 42780 км³, из них на долю Европы приходится 2900 км³(6,8%), Азии – 13510 км³ (31,6%), Африки – 4050 км³ (9,5%), Северной Америки – 7890 км³(18,4%), Южной Америки – 12030 км³(28,1%), Австралии и Океании – 2400 км³ (5,6%).

Наибольшей водообеспеченностью на уровне 1994 г. обладали Австралия и Океания (83,8 тыс.м³/чел) и Южная Америка (38,3 тыс.м³/чел), наименьшей – Азия (3,92 тыс.м³/чел), Европа (4,24 тыс.м³/чел) и Африка (5,72 тыс.м³). По прогнозам ООН

наивысшими темпами роста населения обладает Африка (население к 2050 г. увеличится в 3 раза, в 1994 г. - 708 млн.чел), что приведет к чрезвычайно малой удельной водообеспеченности этого континента.

Водные ресурсы по территории континентов распределяются крайне неравномерно. Особенно малыми водными ресурсами обладают области внутреннего стока - бассейн Аральского моря, бассейн озера Чад. Здесь проблема водообеспечения является особенно критической, ее также усугубляют многочисленные экологические проблемы.

Для Российской Федерации на уровне 2002 г. общие водные ресурсы составили 4324 км³/год. По федеральным округам наибольшие водные ресурсы в Дальневосточном (1861 км³/год) и Сибирском (1336 км³/год) округах, наименьшие – в Центральном (131 км³/год) и Приволжском (286 км³/год) округах. Средняя по Российской Федерации удельная водообеспеченность – 29,8 тыс.м³/чел. Наибольшая удельная водообеспеченность наблюдается в Дальневосточном (277,8 тыс.м³/чел) и Сибирском (66,5 тыс.м³/чел), наименьшая – в Центральном (3,45 тыс.м³/чел) и Приволжском (9,2 тыс.м³/чел) федеральных округах.

Для территории Воронежской области общие водные ресурсы составляют 13,6 км³/год, местные водные ресурсы (сформированные на территории области) – 3,30 км³/год. По абсолютной величине местных водных ресурсов Воронежская область занимает предпоследнее место в Центральном федеральном округе, последнее место - Белгородская область (2.51 км³/год). По удельной водообеспеченности Воронежская область наименее обеспечена в Центральном федеральном округе (1,42 тыс.м³/чел).