**круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли**

Важнейшей особенностью природных условий Земли является глобальный круговорот воды. Он осуществляет в глобальном, региональном и местном масштабе обмен веществом, энергией и водными ресурсами, служит основой единства природы и играет решающую экологическую роль.

**§ 1. Происхождение воды на Земле**

По геологическим данным ясно, что ещё более 2,5 млрд. лет тому назад на Земле имелся океан, а, следовательно, происходили процессы испарения, шли дожди, существовал круговорот влаги. Но как образовался этот первичный океан? Откуда появилась вода на Земле? Здесь мы сталкиваемся с несколькими гипотезами.

1. Вода поступила на первично холодную Землю из космоса с ледяными и каменно-железистыми метеоритами. Сейчас в них содержится в среднем 0,5% воды. Этого достаточно, чтобы за несколько миллиардов лет накопилось количество влаги, даже превышающее по объёму всю гидросферу. Затем вследствие радиоактивного распада произошёл частичный разогрев Земли, начались вулканические извержения и вода с лавой была вынесена на поверхность.
2. На какой-то стадии первичного разогрева в мантии Земли на глубине 50-70 км из ионов Н+ и О– стал возникать водяной пар, который по порам и трещинам поступал на поверхность.
3. Вода поступала на Землю из космоса в виде ливней электрически заряженных частиц – протонов (ядер атомов водорода). Пронизывая верхние слои атмосферы, они захватывают электроны, образуя атомы Н+, которые тут же вступили в реакцию с кислородом. Космический исток может давать до 1,5 км3 воды в год.
4. Водород поступил на Землю из космоса. Соединившись с различными металлами, он образовал металловодородистые соединения, которые обладают интересным свойством присоединения десятки, сотни или даже тысячи объёмов водорода на один объём метала, они уменьшаются в объёме, но увеличиваются в плотности. Так в первичном пылевом облаке оказалось связанным огромное количество водорода. Затем началось сжатие и разогрев этого облака, которые привели к дегазации водорода, расширению Земли и образованию воды. Эта гипотеза хорошо объясняет «плавание» материков и другие геотектонические процессы.

Все четыре предложенных пути образования воды гипотетичны. Мы пока так и не знаем, откуда же взялась вода на Земле. Последние изотопные исследования вещества Земли, Луны и метеоритов свидетельствуют, что вероятно, более справедливы космогенные гипотезы, приводящие к формированию разогретого газообразного облака (Ферронский, 1974). Но и эти исследования не дают прямого ответа на поставленный вопрос…

**§ 2. Изменение количества воды на Земле**

Общий объём воды на Земле около 1 млрд.388 млн. км3, при этом на долю мирового океана приходится 96%.

За всю историю Земли, по мнению геологов, в результате дегазации мантии выделялось 0,5-1 км3 воды в год.

С метеоритами и космической пылью на Землю ежегодно попадает 0,5 км3 воды и столько же рассеивается с Земли в космос. Потери весьма невелики.

В процессе фотосинтеза растения разлагают 225 км3 воды в год.

С геологической точки зрения в течение длительного времени (миллионы лет) количество воды на земном шаре остаётся практически неизменным. Однако с течением времени происходит перераспределение воды в самой гидросфере. В ледниковые периоды влага в виде льда аккумулируется в ледниках, уменьшая объём Мирового океана, а в межледниковье происходит обратный процесс. За последние 10,5 тысяч лет уровень Мирового океана повысился на 100 м (за ХХ век – на 11,4 см), что соответствует приросту объёма вод в Мировом океане на 37,5 млн. км3. В последние 5 тыс. лет уровень Мирового океана стабилизировался при небольшой тенденции к повышению (на 1,5 мм/год).

**§ 3. Круговорот воды в природе**

*Круговорот воды на земном шаре* – основная особенность и закономерность гидросферы Земли и природных условий планеты в целом. Круговорот создаёт основной механизм перераспределения на Земле вещества и энергии. В нём проявляется единство природных вод Земли и их связь с атмосферой, литосферой и биосферой.

В круговороте воды проявляются закономерности сохранения вещества и водного баланса.

Физические причины круговорота воды – это солнечная энергия и сила тяжести.

Солнечная энергия – это причина нагревания и испарения воды, неравномерного распределения атмосферного давления, вызывающего воздушные потоки, переносящие влагу, неравномерного распределения плотности воды в океане, вызывающего морские течения.

Сила тяжести вынуждает влагу выпадать в виде атмосферных осадков, а поверхностные и подземные водотоки стекать в океан.

В глобальном круговороте воды выделяют 2 звена: океаническое и материковое.

а) *Океаническое звено* – в круговорот вовлечено 458 тыс. км3 воды в год.

С океана ежегодно испаряется 505 тыс. км3 (Zок), возвращается в океан в виде осадков 458 тыс. км3 (хок), а разность в 47 тыс. км3  переносится с океана на сушу в виде водяного пара.

б) *Материковое звено* – в круговорот вовлечено 72 тыс. км3  воды в год.

С суши испаряется 72 тыс. км3/год (Zс) и приносится с океана 47 тыс. км3. На сушу выпадают осадки в 119 тыс. км3  (хс = 72+47). Надо отметить, что из 72 тыс. км3 испарившейся с суши влаги, 30 тыс. км3 приходится на транспирацию растений.

в) *Водообмен между сушей и океаном* составляет 47 тыс. км3. Перенесённая влага с океана возвращается в него с равным ей по величине материковым стоком (47 тыс. км3), который слагается из поверхностного (речные (ур =41,7 тыс. км3) и ледниковые (ул =3 тыс. км3) воды) и подземного стока (w=2,3 тыс. км3), не дренируемогореками. Таким образом, имеем:

Океан: хок  + у + w = Zок  (458 + 44,7 + 2,3 = 505),

Суша: хс  = у + z с  + w (119 = 44,7 + 72 + 2,3).

4) Внутриматериковый влагооборот – это сложный повторяющийся процесс, при котором осадки на любом участке суши складываются из внешних, пришедших извне, и внутренних местных осадков, сконденсированных из влаги, испарившейся с поверхности конкретного участка суши.

Влагооборот описывается тремя тождественными уравнениями:

С = А – х – z

С = (А – ха) + (z – хz) (7)

С=А – (у + w)

С – водяной пар, вынесенный за пределы ограниченного участка суши,

А – влага, поступившая извне (х = ха  **+** хz ),

ха – внешние осадки из пара, пришедшего извне,

хz  **-** внутренние местные осадки,

z – испарение с поверхности Земли,

у – поверхностный сток,

w – подземный сток.

Важной характеристикой является также Квл. – коэффициент внутриматерикового влагооборота.

Квл  =  (8)

Обозначения указаны выше.

При исследованиях гидрологических процессов на суше важно учитывать, что суша подразделяется на две области:

- *область внешнего стока* (80% суши), откуда осадки поступают в Мировой океан и которая дренируется крупнейшими реками мира.

- *область внутреннего стока* (20%), являющаяся бессточной, не дающей стока в Мировой океан, например: бассейны Каспия, Арала, Балхаша, пустыни Гоби, Сахара, Калахари, и т.д. Есть там и крупные реки: Волга, Амударья. Общая схема круговорота воды на Земле представлена на рисунке 5.



Рис. 5. Схема круговорота воды в природе.

1 – испарение с поверхности океана; 2 – осадки на поверхность океана; 3 – осадки на поверхность суши; 4 – испарение с поверхности суши; 5 – поверхностный и подземный сток в реку; 6 – речной сток в океан, бессточный бассейн; 7 – подземный сток в океан, бессточный бассейн; 8 – влагообмен между сушей и океаном через атмосферу.

Необходимо учитывать наличие главного водораздела земного шара, который делит всю сушу на два склона:

1 - со стоком в Атлантический и Северный Ледовитый океаны (60% суши) и

2 – со стоком в Тихий и Индийский океаны.

Водораздел проходит по Америке от мыса Горн по Андам до Берингова пролива, затем по восточному нагорью Азии в широтном направлении и продолжается вдоль восточной окраины Африки и её южной оконечности.

**§ 4. Круговорот содержащихся в воде веществ**

К содержащимся в воде веществам относят соли, наносы (взвеси) и газы.

Общее количество солей, растворённых в водах Мирового океана, равно 46,5 × 1015 т, (46,5 квадрильона) при объёме вод 1338 млн. км3 , что даёт среднюю солёность воды 35,16‰ на Земном шаре происходит направленный процесс выноса солей с суши в Мировой океан в размере 4 млрд. т/год. С поверхности океана в атмосферу выносится 5 млрд. т/год солей. Из них 0,5 млрд. т. переносится на сушу, а 4,5 млрд. т возвращаются с осадками обратно в океан. Значительно больше солей поступают ежегодно с суши в океан – 4,53 млрд. т. Эта величина складывается из поступления солей с водами:

Речными – 3,1 млрд. т,

Подземными - 1,2 млрд. т,

Ледниковыми – 0,03 млрд. т,

С речными взвесями – 0,2 млрд. т.

Источником солей служит процесс растворения водами горных пород.

Круговорот наносов проявляется лишь в геологически долгом масштабе времени. Геологи считают, что срезание эрозией и выравнивание континентов происходит за 80 млн. лет. Можно говорить о направленном поступлении наносов с суши в Мировой океан. Происходит также перераспределение солей на земном шаре, а именно: на суше растворяются главным образом осадочные породы океанического происхождения и с солями выносятся реками обратно в океан. Смыв с поверхности суши составляет 150 т/км2 или 0,1 мм/год.

Годовой сток взвешенных наносов рек мира равен 15,7 млрд. т, а в Мировом океане постоянно находится 1370 млрд. т взвеси, поступившей с реками и не успевшей ещё осесть на дно океана.

Из газов, участвующих в круговороте, наибольшее значение имеют кислород О2 и диоксид углерода СО2 .

а) Кислород О2 содержится в атмосфере в количестве 1184×1012  т, а в океане 7,5×1012  т, т.е. в 160 раз меньше.

В океан кислород поступает в результате:

-фотосинтеза фитопланктоном – 154 млрд. т/год;

- с дождевыми и речными водами – 3,6 млрд. т;

- при поглощении из атмосферы – 54,8 млрд. т.

В океане на биохимические процессы уходит 151 млрд. т/год, а в атмосферу выделяется 61,4 млрд. т/год.

На суше в результате фотосинтеза продуцируется 150 млрд. т/год. Часть кислорода тратится на биохимическое потребление, часть на сжигание топлива (до 25 млрд. т/год). В целом общий баланс кислорода на планете положительный.

б) Диоксид углерода СО2, поступает в водные объекты при окислении органического вещества, с речным стоком, при подводных вулканических извержениях. В воде СО2  взаимодействует с карбонатами. Вследствие фотосинтеза количество СО2 в водных объектах уменьшается.

Океан служит планетарным насосом для СО2: он поглощает его в высоких широтах с низкой температурой, и отдаёт атмосфере в низких широтах, куда в глубинные горизонты поступает вода из приполярных районов.

Много СО2 поступает в атмосферу при сжигании топлива. На протяжении истории Земли количество СО2 уменьшалось, вызывая понижение температуры воздуха. В последние годы экологи предупреждают, что наблюдающееся техногенное увеличение содержания СО2 в атмосфере вследствие «парникового эффекта», может привести к катастрофическому потеплению климата.

**§5. Водные ресурсы Земли**

Водные ресурсы представляют весьма важную часть природных ресурсов Земли. К водным ресурсам относятся все виды, исключая воду связанную с горными породами и биосферой. Площадь поверхности Земли 510,2 млн. км.2, а водами Мирового океана покрыто 361,06 млн. км.2 (т.е. 70,8%).

Общая площадь водных объектов на поверхности суши составляет 20 млн. км.2 (15%). Общий объём воды в водных объектах на земном шаре около 1 млрд. 388 млн. км3 (табл. 2).

Таблица 2

 Водные ресурсы Земли

|  |  |
| --- | --- |
| Виды вод | Объём, тыс. км3 |
| Мировой океан | 1338000 |
| Ледники и постоянный снежный покров | 25800 |
| Озёра  | 176 |
| Водохранилища  | 6 |
| Вода в реках | 2 |
| Вода в болотах | 11 |
| Подземные воды | 23400 |
| Подземные льды вечной мерзлоты | 300 |
| Вода в атмосфере | 13 |
| Вода в организмах | 1 |
| Пресные воды на планете | 36700, без Антарктиды – 16000 |
| Общие запасы воды на планете | 1.388.000 |
| Возобновляемые ресурсы:сток воды рек | 41,7 км3/год |
| Потребление пресной воды | 3500 км3/год |
| Сброс сточных вод в океан | 1400 км3/год |

По данным Михайлова В.И., 1991

В земной коре до глубины 25 км вода содержится в физически и химически связанном состоянии, её объём около 1,3 млрд. км3 (соответствует объему океана; по В.И. Вернадскому).

Объём воды в мантии составляет 15 млрд. км3 химически связанной воды (по а.п. Виноградову).

*Ресурсы пресных вод континентов* являются наиболее ценными водными ресурсами. Они подразделяются на две группы.

а) Статические (вековые) ресурсы пресных вод представлены не подверженными ежегодным изменениям частью водных объектов (озёр, ледников, подземных вод) их нельзя изъять на хозяйственные нужды без нанесения ущерба.

б) Возобновляемые водные ресурсы – это те воды, которые ежегодно восстанавливаются в процессе круговорота воды. К ним относится речной сток (около 41,7 км3  воды в год).

*Распределение водных ресурсов по континентам* неравномерное. Наибольшими вековыми ресурсами обладают - Северная Америка и Азия, наименьшими – Европа и Австралия.

Наибольшие возобновляемые ресурсы – речной сток - имеют Азия (30%) и Южная Америка (26%), наименьшие – Европа (7%) и Австралия (5%).

Из стран мира наиболее обеспечены речными ресурсами: Бразилия (9230 км3/год), Россия (около 4000 км3/год), США (2850 км3/год) и Китай (2600 км3/год).