

Тема 1. Гидросфера. Состав и происхождение

Литература:

Основная:

Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. // М., Недра, 1992, 463 с. <http://www.geokniga.org/books/3144>

Дополнительная:

Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. // М., Мир, 1968, 368 с.
<http://www.geokniga.org/books/19612>

Дривер Дж. Геохимия природных вод. // М., Мир, 1985, 440 с. <http://www.geokniga.org/books/61>

Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. // М., Научный мир, 2011, 260 с.
<http://www.geokniga.org/books/10439>

Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические прикладные и экологические аспекты. Изд. 2-е, доп. // М., РАН, 2012, 677 с. <https://www.geokniga.org/books/22282>

Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии. // Под ред. С.Р.Крайнова. М., Недра, 1988. Главы 2-6, с.16-109. <http://www.geokniga.org/books/6835>

Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. М. Введение в экологическую химию. // М., Высшая школа, 1994, 400 с.
<http://www.geokniga.org/books/10701>

Холленд Х. Химическая эволюция океана и атмосферы. // М., Мир, 1989. <https://www.geokniga.org/books/27079>

Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. // М., Недра, 1998, 366 с. <https://www.geokniga.org/books/22288>

Treatise on Geochemistry. 2nd edition, 2013. Vol. 7. Surface and Groundwater Weathering and Soils (J.I.Drever ed.); Vol. 8. The Ocean and Marine Geochemistry (M.J.Mottl, H.Elderfield eds.).

Вода – важнейший для человечества природный ресурс

Вид природного ресурса	Мировое потребление, млрд. т/год
Вода	5000
Горючие полезные ископаемые, суммарно	14
Железо	3,3
Древесина	1,8
Цемент	4
Продукты питания (оценочно)	6

Геохимия природных вод – раздел геохимии
– история атомов в водах Земли.

Геохимия природных вод

Гидрохимия (поверхностные воды)

Гидрогеохимия (подземные воды)

Химия Океана



Владимир Иванович Вернадский
(1863 – 1945)

Весной 1929 г. Вернадский выступил на заседании Российского Минералогического общества с докладом: «О классификации и химическом составе природных вод».

В 1933 г. вышла в свет работа В.И.Вернадского «История природных вод».

В этих работах В.И.Вернадский обобщил с геохимических позиций весь накопленный к этому времени фактический материал по природным водам, заложив основы геохимии природных вод.



Михаил Георгиевич Валяшко
(1907 – 1984)

- установил принципы, определяющие разнообразие составов природных вод;
- предложил классификацию природных вод по химическому составу;
- предложил объединенную диаграмму состав природных вод;
- разработал концепцию формирования подземных рассолов седиментогенного происхождения;
- установил геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей;
- создал на кафедре геохимии МГУ курс «Геохимия природных вод».

Строение гидросферы

Часть гидросферы	Объем воды, млн. куб. км	Доля в мировых запасах, %
Мировой океан	1335	95,15
Подземные воды	44	3,14
Ледники	24	1,71
Озера и реки	0,2	0,014
Вода в атмосфере	0,013	0,0009
Всего:	1403	

Строение гидросферы (с позиций водопотребления)

Часть гидросферы	Объем воды, млн. куб. км		Доля в мировых запасах пресной воды, %
	соленая	пресная	
Мировой океан	1335		
Подземные воды	28	16	40
Ледники		24	60
Озера	0,11	0,09	0.22
Реки		0,002	0,005
Вода в атмосфере		0,013	0.04
Всего:	1363	40	

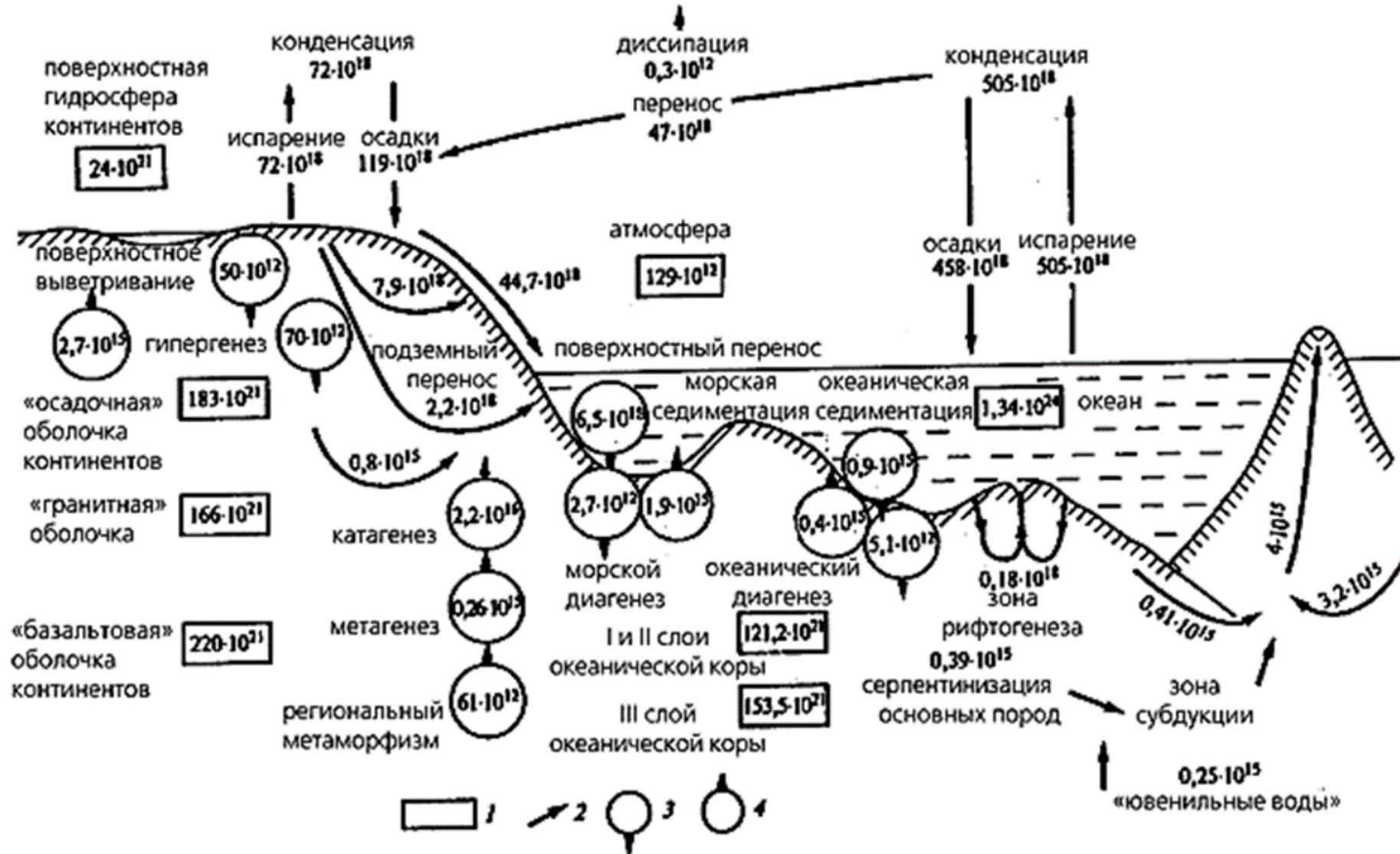
Мировое водопотребление, в год **0,005**

Единство гидросферы обеспечивается обменом между ее частями – циклом воды



По [The USGS Water Science School - The Water Cycle]

Количественные оценки резервуаров и потоков в цикле воды. По (Зверев, 2011)



Единство природных вод обеспечивается обменом веществом между частями гидросферы.

(Принцип В.И.Вернадского)

Свойства воды, определяющие ее роль в геохимических процессах

1. Вода – прекрасный растворитель для веществ с ионным типом связи.
2. Вода – хороший переносчик вещества и энергии, за счет небольшой вязкости она обеспечивает транспорт вещества, как конвективный, так и диффузионный.
3. Водная среда ускоряет протекание химических реакций.

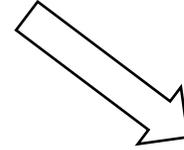
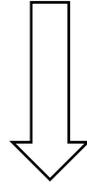
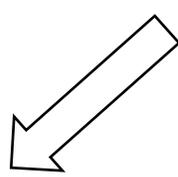
Состав природных вод варьирует в широких пределах: по суммарной минерализации от 20 мг/кг до более 400 г/кг.

При этом основные растворенные компоненты – это **Na, K, Ca, Mg, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl**. Доля остальных компонентов обычно менее 1 % отн.

Ограничения разнообразия составов природных вод – принципы М.Г.Валяшко.

1. Все главные растворенные элементы природных вод – главные элементы Земной коры (Na, K, Ca, Mg, - n %, C, S, Cl – $0.0n$ %).
2. Накопление элементов в природных водах ограничено растворимостью их соединений с главными элементами Земной коры. (Поэтому Si, Al, Fe, Ti, Mn почти никогда не бывают главными в природных водах из-за низкой растворимости оксидов, силикатов, алюмосиликатов и др.)

Формы нахождения элементов в природных водах



растворенные

коллоидные

взвешенные

Растворенная форма миграции в речных водах – преобладающая только у 7 химических элементов - Na, Ca, S, F, Cl, Br, I. В морской воде и подземных водах растворенная форма преобладает у всех макроэлементов и некоторых микроэлементов (7 приведенных выше + K, Sr, Li, C, и др.).

Многие микроэлементы переносятся во взвешенной форме не в собственных соединениях, а сорбированные на минеральных частицах главных элементов. Для коллоидных форм характерно большая доля природных органических веществ.

Происхождение гидросферы

Время появления гидросферы

Метаморфические комплексы Гренландии (3.8 млрд. лет) содержат в своем составе метаосадочные породы – доказательств протекания осадочных процессов с участием природных вод.

Хадейские «детритные» цирконы - обнаружены зерна цирконов с возрастaми до 4.2 млрд. лет (единичные находки – до 4.32 млрд. лет) с утяжеленным изотопным составом кислорода ($\delta^{18}\text{O}$ до +8 ‰). Это признак того, что в состав протолита материнских (для циркона) пород входили осадки, прореагировавшие с холодной водой, т.е. признак существования гидросферы к этому времени.

Таким образом, зарождение гидросферы уходит в начальный период истории Земли (от которого не сохранилось геологической информации).

0. Космогенная (протопланетная) гипотеза – **ныне отвергнута:**

Гидросфера и атмосфера образуются путем конденсации летучих компонентов протопланетного облака на поверхности растущей планеты.

Противоречие фактическим данным: Благородные газы с «солнечной» сигнатурой (изотопной и элементной) присутствуют в атмосфере Земли в очень малых количествах (менее 0,001 %).

Космогенная гипотеза, вероятно, применима к планетам-гигантам – Юпитеру, Сатурну, Урану и Нептуну.

1. Классическая концепция:

Гидросфера - результат постепенной дегазации мантии Земли.

- А. При дифференциации мантии вода ведет себя как *некогерентный* компонент – накапливается в расплаве.
- Б. При затвердевании внедрившегося в кору базальтового расплава вода и другие летучие компоненты (CO_2 , SO_2 , Cl , и др.) отделяются в виде вулканических газов (эффузивный вариант) или магматогенных флюидов (интрузивный вариант) и питают гидросферу.

Механизмы процессов ясны в теоретическом отношении, воспроизведены экспериментально, и согласуются с наблюдательным геологическим материалом.

Нет фактических геологических данных, противоречащих классической концепции.

Нерешенные проблемы:

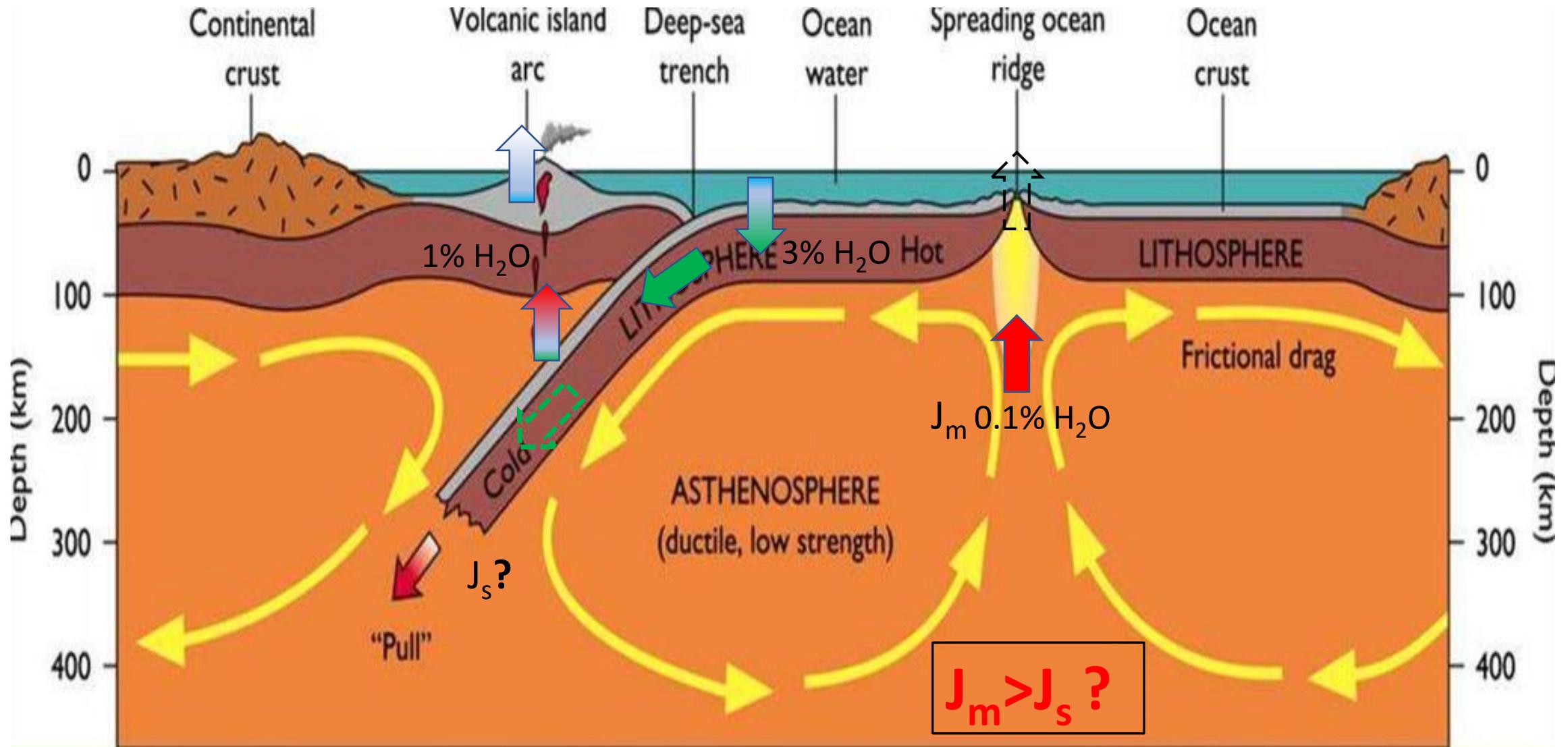
1. Проблема «ювенильного флюида»

Ювенильные воды — глубинные воды, своим происхождением связаны с процессом охлаждения магматических очагов. Они образуются из кислорода и водорода, выделяющихся из магмы, и **впервые** вступают в круговорот воды в природе.

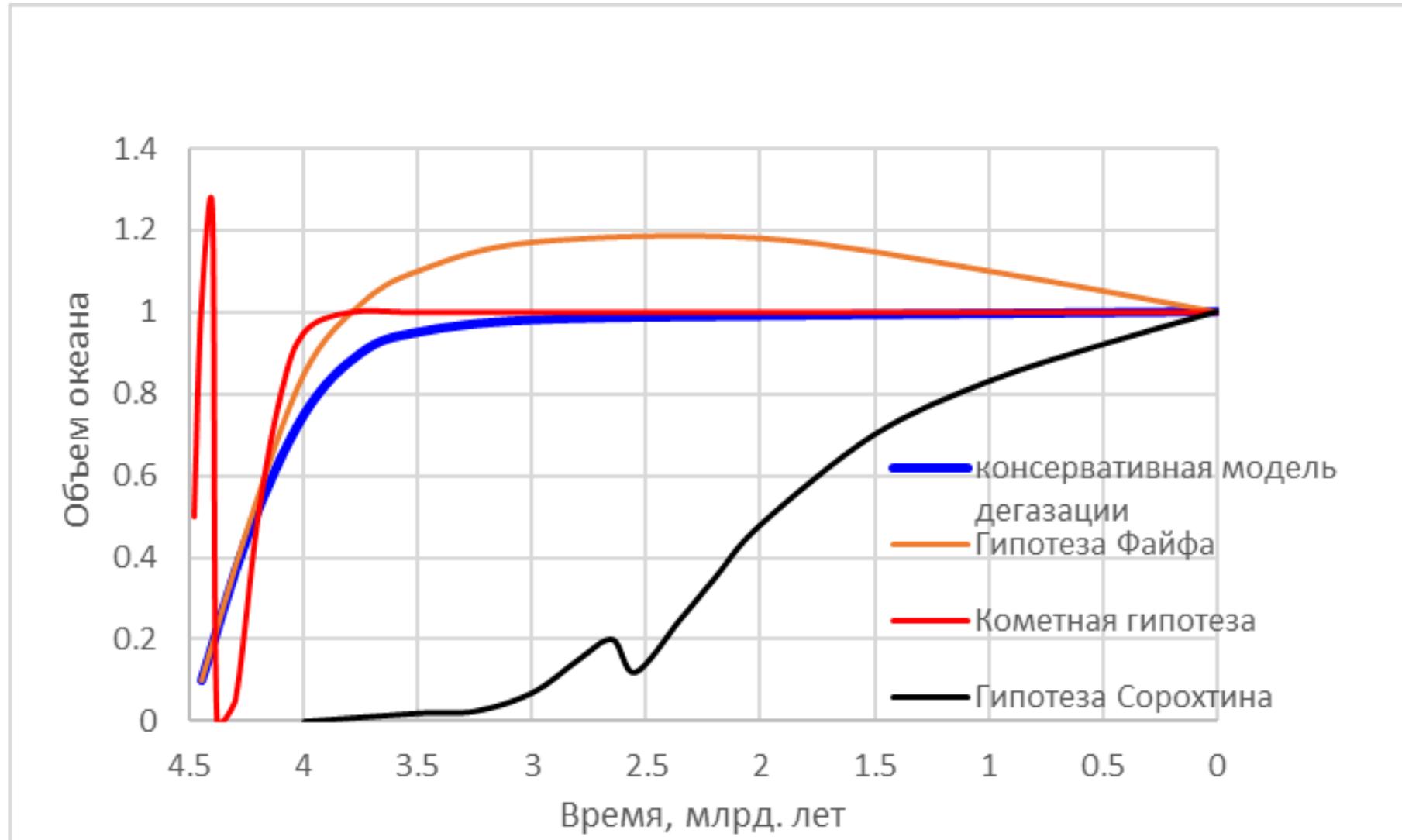
(Википедия)

По имеющимся изотопным данным, ювенильные воды в природе не зафиксированы.

Обмен водой между мантией и внешними оболочками Земли в тектонике литосферных плит



2. Проблема изменения массы гидросферы в истории Земли.



Альтернатива –
Кометная гипотеза происхождения
гидросферы

Предпосылка:

Если принять импактную гипотезу происхождения Луны, то при столкновении родительских тел ранее сформированные подвижные оболочки (атмосфера и гидросфера?) должны были быть полностью потеряны. (Косвенное подтверждение – отсутствие космогенного компонента в атмосфере Земли.)

Откуда взять их снова – их вещество прилетит из космоса в виде комет!

Если принять гипотезу «поздней метеоритной бомбардировки» (LNB), основанную на статистике метеоритных кратеров на Луне, время формирования атмосферы и гидросферы – более 3,8 млрд. лет назад. (В последние годы гипотеза LNB подвергнута сомнению.)

Нет никаких фактических геологических данных, подкрепляющих эту гипотезу.

Аргумент против кометной гипотезы: несоответствие изотопного состава водорода комет составу Мирового океана.

