

Геохимия гидросферы



Виды вод	Объем, млн.км ³	%
Морские воды	1370	94
Подземные (без почвенных)	61,4	4
Лед и снег горно-складчатых областей	24	2
Поверхностные воды суши (озера, реки, болота, почвы)	0,5	0,4
Атмосферные воды	0,015	0,01
Воды в живых организмах	0,00005	0,0003
Итого	1456	100

Общая масса $1456 \cdot 10^{21}$ г.

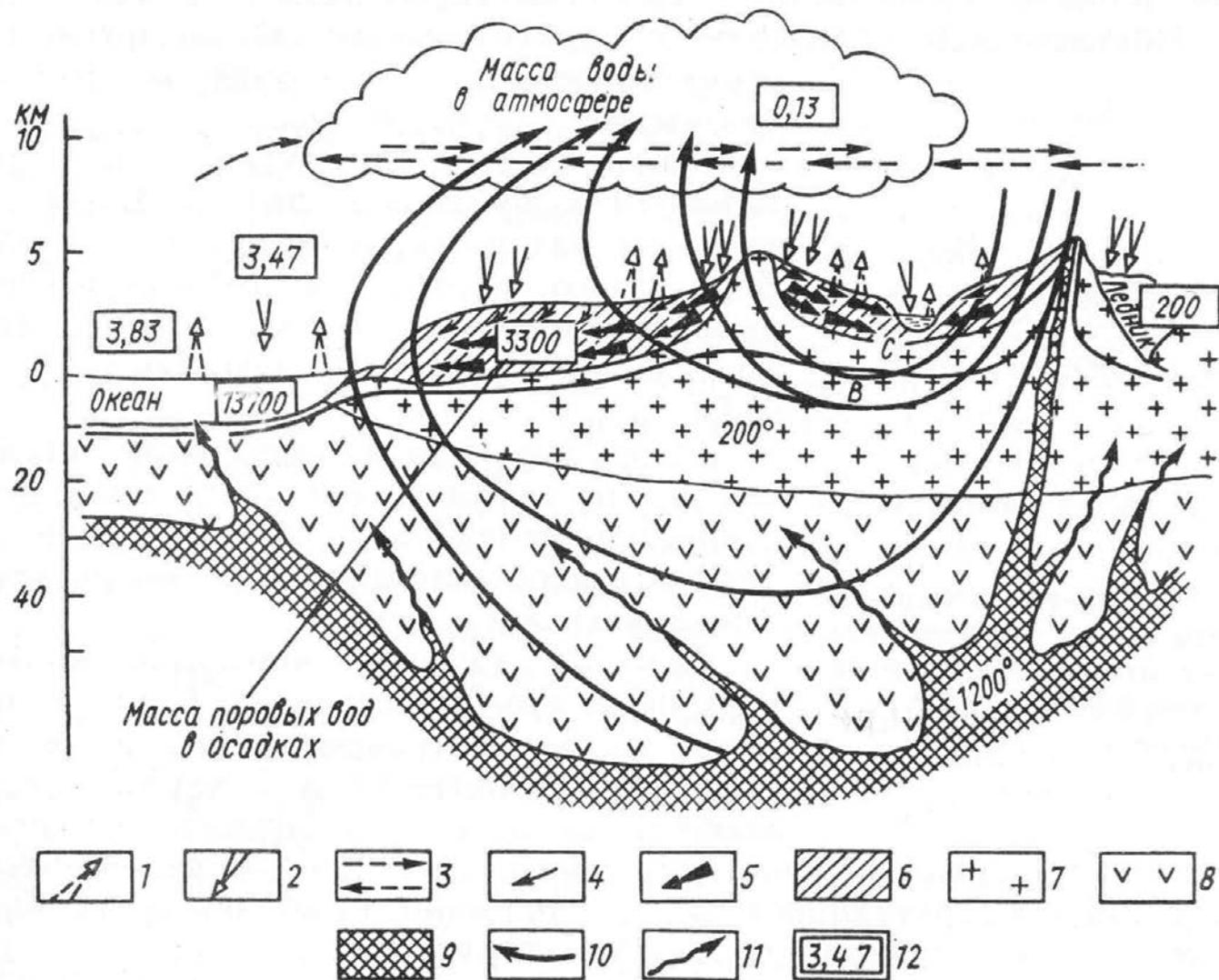


Рис. 34. Круговорот воды в природе (по Ф. А. Макаренко и др.):

1 — испарение воды, 2 — выпадение осадков, 3 — перенос водяного пара на расстояние, 4 — инфильтрация вод в ландшафте, 5 — поверхностный и грунтовый сток (выше местных базисов дренирования), 6 — осадочные породы (грунтовые и артезианские воды), 7 — «гранитный» слой (трещинные и жильные воды), 8 — «базальтовый» слой (трещинные и жильные воды), 9 — верхняя мантия и очаги магмы, 10 — циклы водных круговоротов (С — сезонных и других кратковременных, В и Г — вековых и геологических), 11 — первичные и другие воды мантии и земной коры, 12 — масса воды в геограммах (10^{20} г)

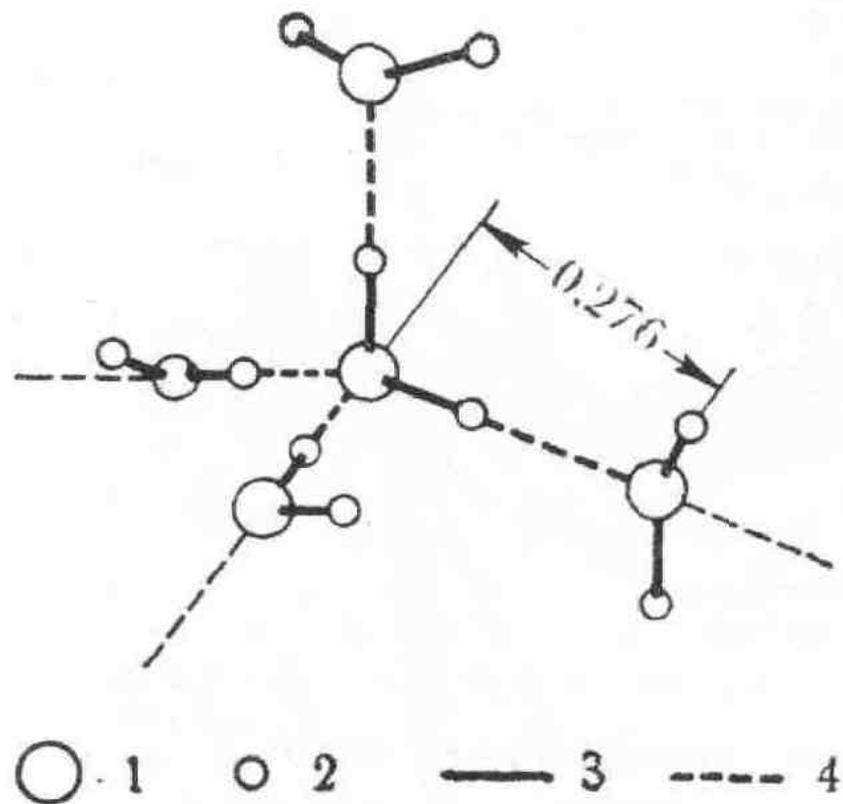


Рис. 35. Схема строения молекулы воды (расстояние между атомами кислорода даны в нанометрах):

1 — кислород, 2 — водород, 3 — химические связи, 4 — водородные связи

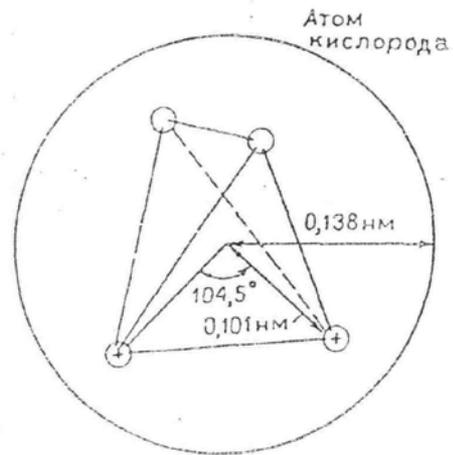


Рис. 21. Распределение заряда в молекуле воды [26]

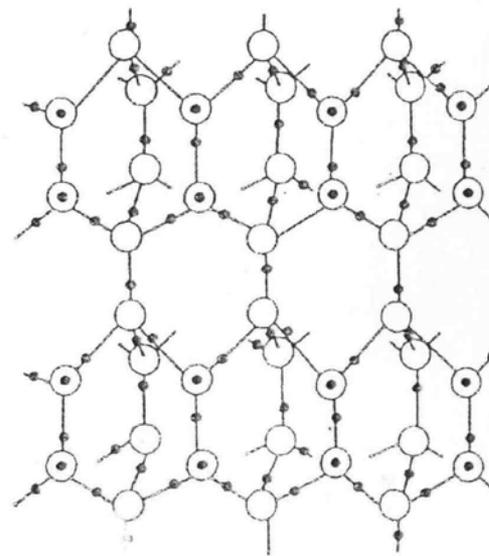


Рис. 22. Гексагональная структура льда [26]

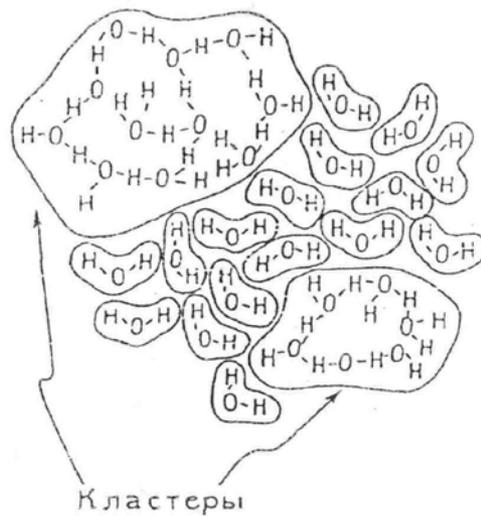


Рис. 23. Схема положения роев и мономерных молекул воды в структуре жидкой воды [26]

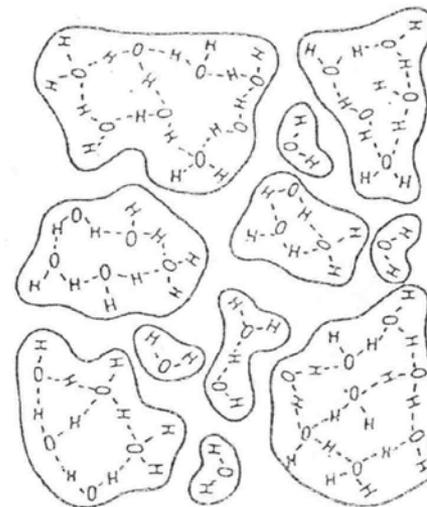


Рис. 24. Возможные варианты различных структурных группировок воды в структуре жидкой воды [26]

Основные особенности воды

1. Диссоциация воды:



$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+];$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-];$$

Обладает свойствами кислот и щелочей. Самый мощный растворитель

2. Вода гидросферы непрерывно движется, развивается и обновляется.

Периоды полного обновления:

суша – 1 год

Атмосфера – 10 суток

Реки – 12 суток

Озера – 40 лет

Ледники -8,5 тыс лет

Океан – 3 тыс лет

При этом перемещаются огромные массы солей, минеральных веществ, органики, Металлов, газов

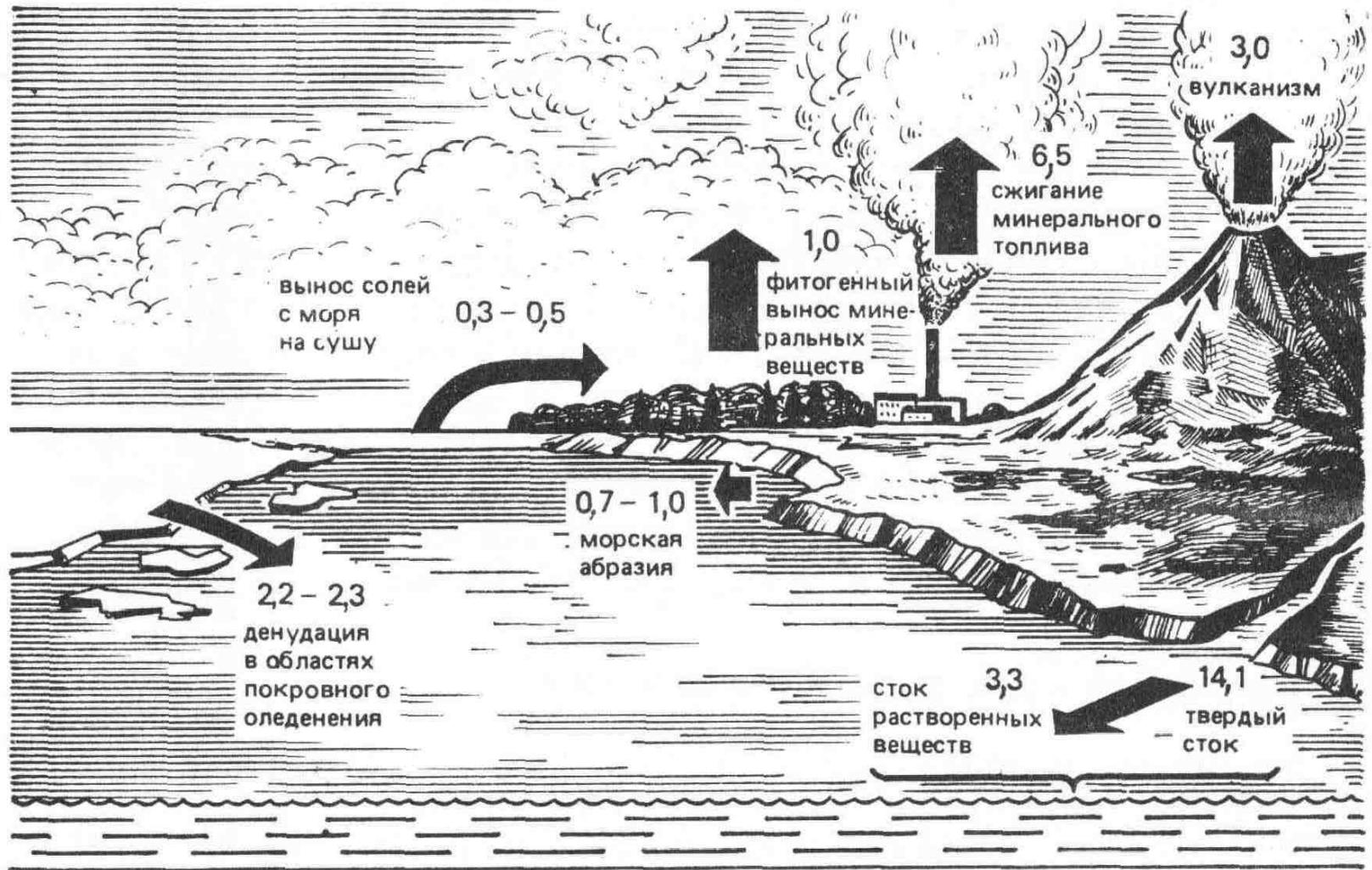


Рис. 31. Вынос минеральных веществ в атмосферу в сравнении с некоторыми другими потоками веществ (млрд. т). Растительность поставляет в атмосферу около 1 млрд. т минеральных веществ в год (по Л. Г. Бондареву)

3. Вода обладает очень высокой теплоемкостью (1 кал/1°С при 15°С). Уступает только аммиаку и H_2

Гидросфера играет роль аккумулятора тепла и теплового буфера.

4. Вода характеризуется аномальной теплотой плавления (Уступает только аммиаку и H_2) – 79,7 кал/г.

Весна и осень – фазовые переходы воды.

Лед быстро нагревается до 0°С, но чтобы его растопить надо затратить в 79,7 раз больше энергии (без изменения T°), чем нагреть на 1°С

При замерзании воды 1 м³ выделяет тепло ~ равное сжиганию 10 кг угля

5. Теплота испарения еще более аномальна (при 100°C – 539 кал/г) – наиболее высокая из всех веществ.

Солнце ежеминутно испаряет 1 км³ воды.

Конденсация пара дает выделение огромного количества тепла.

6. Аномально высокое поверхностное натяжение. (при 0°C – $74,64$ дин/см)

Капиллярный подъем до 10 - 12 м выше базиса эрозии.

7. Аномальная диэлектрическая проницаемость – наиболее высокая для жидкостей.

8. Наиболее высокая для жидкостей удельная теплопроводность

9. При адсорбции молекул воды на поверхности пылеватых частиц выделяется 800 кал/г пыли (пылевые выбросы вулканов).

10. Увеличение объема при замерзании (максимальная плотность при $+4^{\circ}\text{C}$).

11. Поведение при изменении давления:

При 2000 атм °Т замерзания -22°C

При $>30\ 000$ атм лед сохраняется до $+175^{\circ}\text{C}$

Морские воды

$V = 1370$ млн км³

$S_{\text{водной поверхности}} = 360,8$ млн км²

$H_{\text{средняя}} = 3,8$ км

Основные черты геохимии:

1. $pH = 8$ (щелочная реакция)

2. Средняя соленость $S = 35\text{‰}$ или 35 г/кг (Черное море - 18 г/кг; Красное море – 40-60 г/кг; Мертвое море – до 300 г/кг)

3. $S = 0,03 + 1,805 C_{Cl}$ (по М.Кнудсену) – средняя хлорность - 19‰

4. Плотность 1,025 г/см³

5. Основные анионы: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} ,

Катионы: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Sr^{2+}

6. Морская вода содержит все химические элементы. Ресурсы химических элементов в воде огромны: Au – 5,2 млн. тонн (ежегодно добывается около 2300 т)

Se – 52 млн. тонн

U – 4 млрд. тонн (ежегодно добывается более 50 тыс.т)

7. Газовый состав морских вод: N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S и др.

Атмосферные воды

- **525 тыс км³ ежегодно проходят через атмосферу**
- **pH = 6 (дождевые воды) – слабокислые (кислотные дожди)**
- **Минерализация до 100 мг/л (до 0,1‰)**
- **Атмосферные воды – главный компонент поверхностных и подземных вод континентов**

Воды поверхности континентов

Ледники, озера, болота, реки

- pH от 3,5 (болота) до 12 (содовые озера)
- Минерализация от 0,1г/л до 300 г/л
- Катионно-анионный состав резко отличается от морских вод.

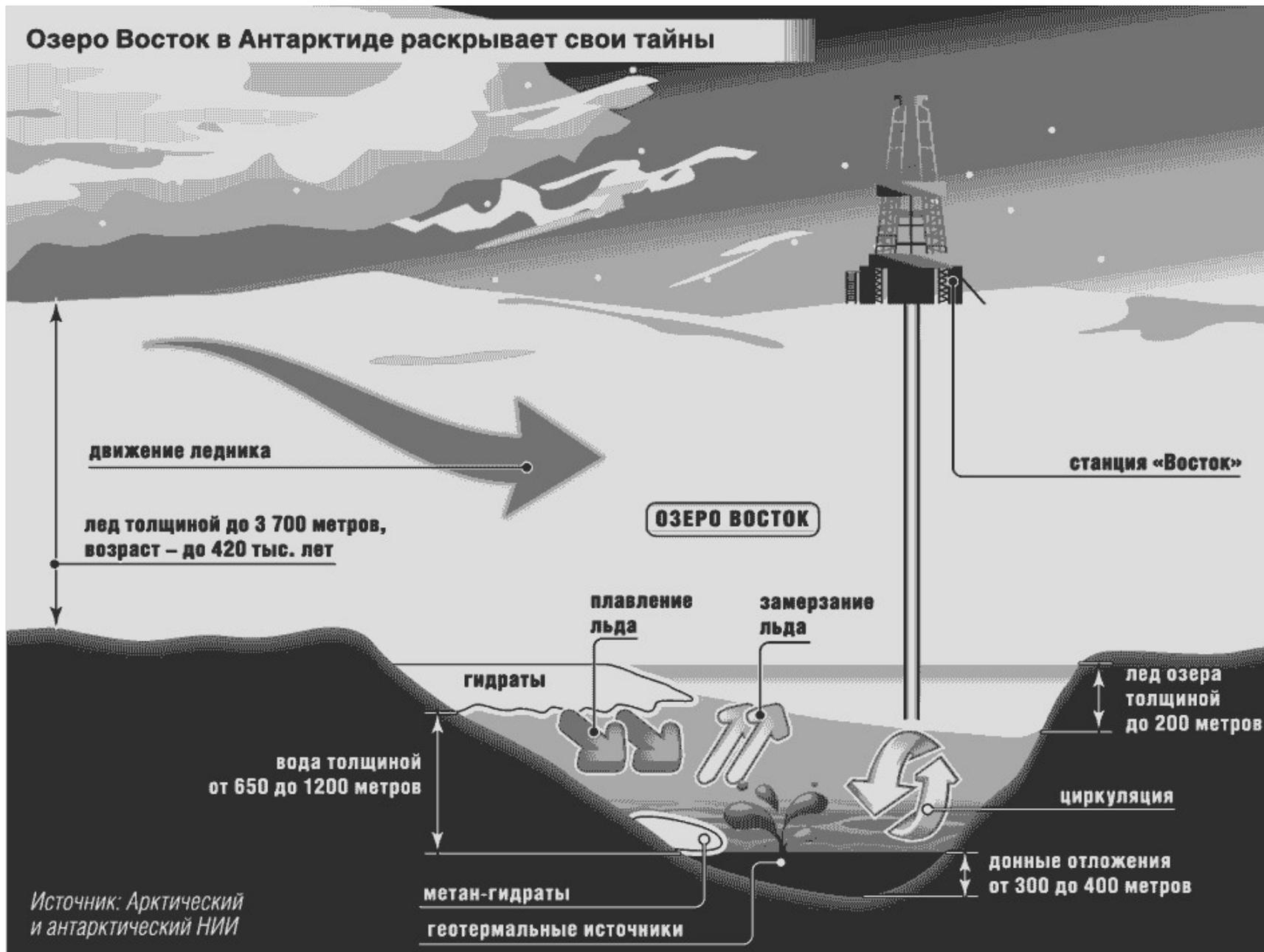
Морские: $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$; $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$

Континентальные: $\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+}$; $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{HCO}_3^-$

В основном гидрокарбонатно-кальциевые

- Химические свойства и минерализация меняются по зонам и по сезонам
- Играют большую роль в преобразовании литосферы, в транспортировке вещества.

Озеро Восток в Антарктиде раскрывает свои тайны



Источник: Арктический и антарктический НИИ

Анализ первых образцов воды антарктического реликтового озера Восток показал, что они практически не содержат микроорганизмов, а значит, верхние слои воды в этом озере могут быть стерильны, сообщил Сергей Булат, заведующий группой криоастробиологии Лаборатории генетики эукариот Петербургского института ядерной физики.

Российским ученым в феврале 2012 года после многих лет буровых работ [впервые удалось проникнуть в озеро Восток](#), которое в течение миллионов лет было изолировано от внешнего мира четырехкилометровой толщей льда.

Ученые надеются обнаружить в образцах реликтовые организмы, которые смогли адаптироваться к жизни в условиях вечной тьмы подледного озера.

В феврале бурение было остановлено, ученые в декабре 2012 года планируют вернуться, чтобы "выбурить" свежезамерзшую озерную воду. Однако часть озерной воды замерзла на буровом снаряде, ее ученые изучили уже сейчас.

Булат представил первые "очень предварительные" результаты анализа на конференции в Стокгольме, сообщает издание Nature News.

Российские ученые подсчитали количество микроорганизмов, оказавшихся в образцах воды, а также провели их генетический анализ. Количество микробов в озерной воде оказалось меньше 10 на миллилитр. Примерно такое количество микроорганизмов могло попасть в образцы уже в лаборатории.

При этом **три из четырех типов микробов, обнаруженных в ходе генетического анализа, попали в воду из использованного при бурении силиконового масла**, а четвертый оказался **неизвестным**, но, скорее всего, также связан с этим веществом.

Булат рассчитывает получить чистые образцы из замерзшей в скважине озерной воды, однако они попадут в Петербург не раньше мая 2013 года, когда в город вернется антарктическая экспедиция.

Ученый подчеркивает, что хотя микробы могут не оказаться в верхних слоях воды озера, они могут быть обнаружены в донных отложениях.

Ранее Булат заявлял, что в толще воды озера Восток могут обитать только абсолютно новые, не известные современной науке живые организмы, которые способны существовать при сверхвысокой концентрации кислорода.

Мёртвое море



Человек может лежать на поверхности Мёртвого моря. Прибой на море и солевые отложения на скалах.



Поток нечистот, текущий в Мёртвое море.

Коэффициент водной миграции

$$K = C_{с.о.}/C_{п}$$

$C_{с.о.}$ – содержание химического элемента
в сухом остатке

$C_{п}$ - содержание химического элемента в
горной породе

**Таблица 6. Интенсивность миграции элементов
в подземных водах зоны гипергенеза**

Элемент	Содержание элементов в водах (<i>mх</i>) по С. Л. Шварцеву, г/л	Содержание элементов в земной коре (по А. П. Виноградову), %	Коэффициент водной миграции, <i>Kх</i>
Cl	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	644
Br	$1,83 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	203
I	$1,61 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	99
Mg	$1,86 \cdot 10^{-2}$	1,87	2,3
Ca	$4,3 \cdot 10^{-2}$	2,96	3,3
Na	$4,55 \cdot 10^{-2}$	2,50	4,2
F	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-2}$	1,6
Zn	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	0,94
Sr	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	1,2
Mo	$2,06 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	4,4
K	$4,59 \cdot 10^{-3}$	2,50	0,43
P	$5,75 \cdot 10^{-5}$	$9,3 \cdot 10^{-2}$	0,14
Mn	$4,94 \cdot 10^{-5}$	0,1	0,11
Ni	$3,31 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	0,13
Cu	$5,58 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	0,27
Fe	$5,47 \cdot 10^{-4}$	4,65	0,02
Al	$2,79 \cdot 10^{-4}$	8,05	0,008
Ti	$1,07 \cdot 10^{-5}$	0,45	0,005
Cr	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	0,08
V	$2,06 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-3}$	0,05
Zr	$1,30 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	0,017
Th	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	0,07

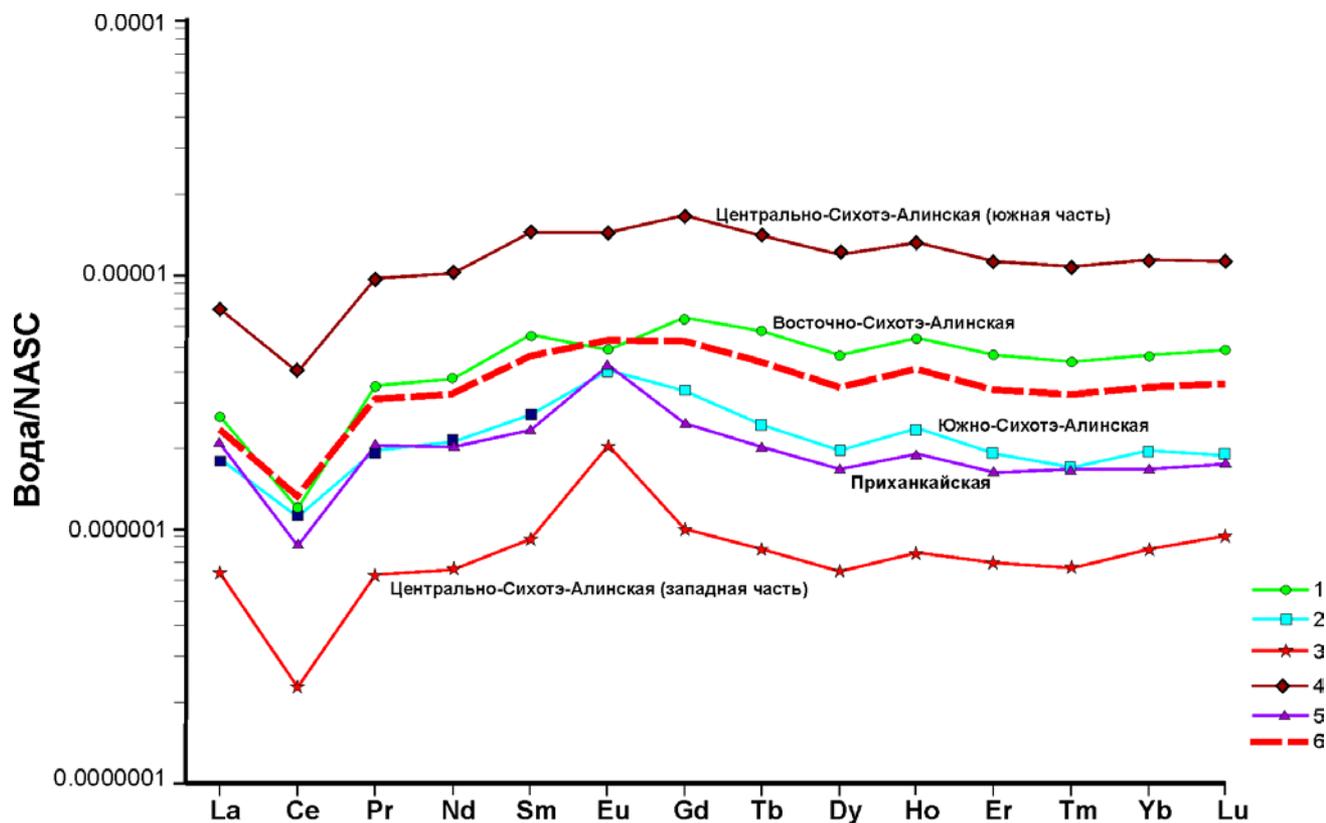
**Т а б л и ц а 7. Ряды миграции элементов в кислородных водах
зоны гипергенеза (по А. И. Перельману)**

Интенсивность миграции	Коэффициент водной миграции	Состав ряда в порядке убывания кларка земной коры
Очень сильная Сильная	$n \cdot 10 - n \cdot 100$ $n - n \cdot 10$	S, Cl, B, Br, I Ca, Na, Mg, F, Sr, Zn, U, Mo, Se, Au
Средняя	$0, n - n$	Si, K, Mn, P, Ba, Rb, Ni, Cu, Li, Co, Cs, As, Tl, Ra
Слабая и очень слабая	$0, 0n$ и менее	Al, Fe, Ti, Zr, Th и др.

Т а б л и ц а 9. Концентрация и рассеяние элементов в термальных рассолах
(по А. И. Перельману и Е. Н. Борисенко)

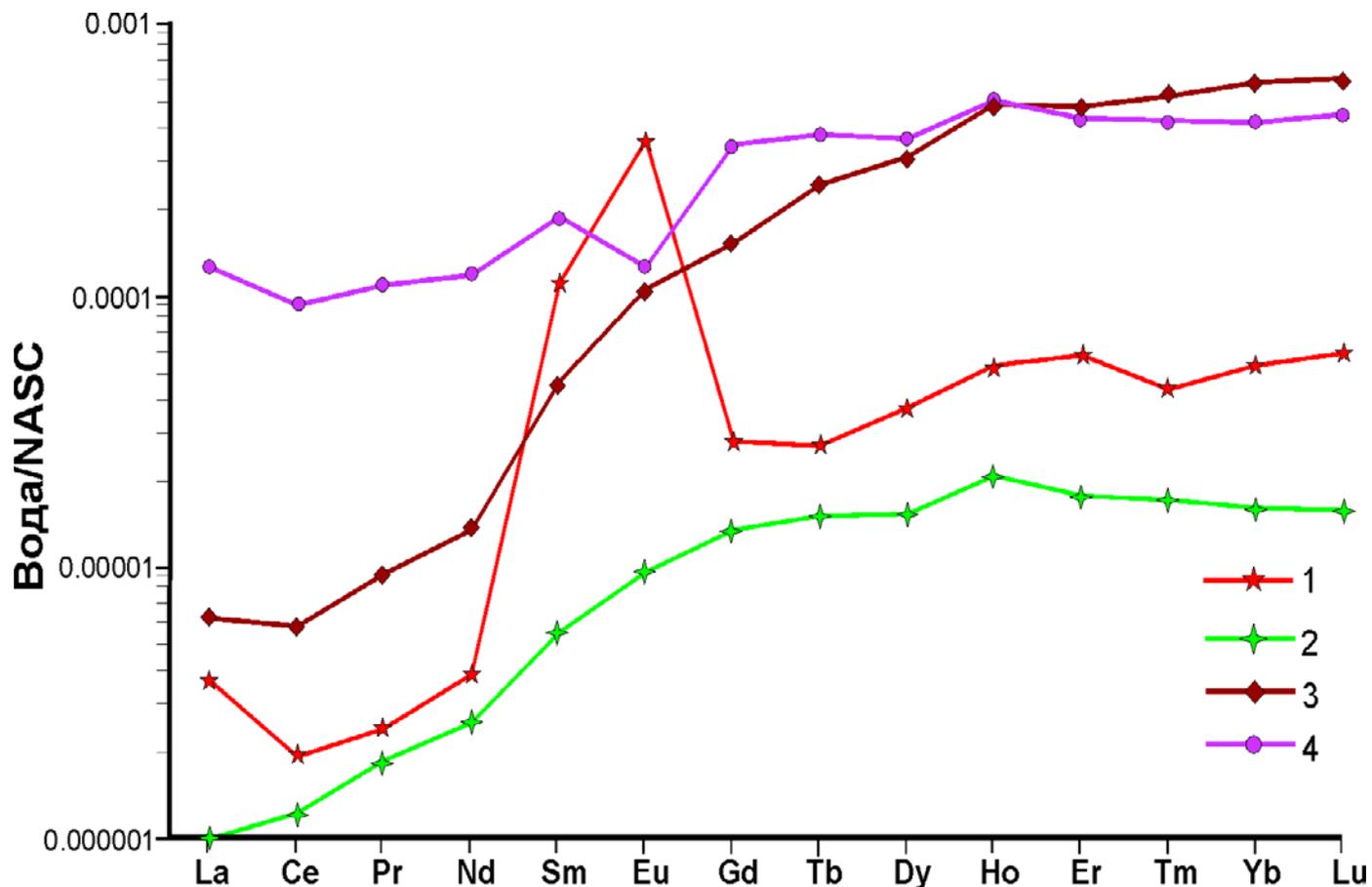
Интенсивность концентрации и рассеяния	K_x	Состав ряда
Очень сильная концентрация	700—1 000 000	Cl, Br, I
Сильная концентрация	20—700	Na, Ca, As, Tl
Средняя концентрация	1,0—20	S, Mg, K, Ba, Mn, Zn, Mo, Cu, Pb
Слабое рассеяние	0,05—1,0	Ni
Сильное рассеяние	0,001—0,05	Fe
Очень сильное рассеяние	менее 0,001	Si, Al

Спектры распределения концентраций редкоземельных элементов в водах поверхностных водотоков различных гидрогеологических областей Приморья, нормализованные по отношению к североамериканскому сланцу (NASC). (по Вах, 2012).



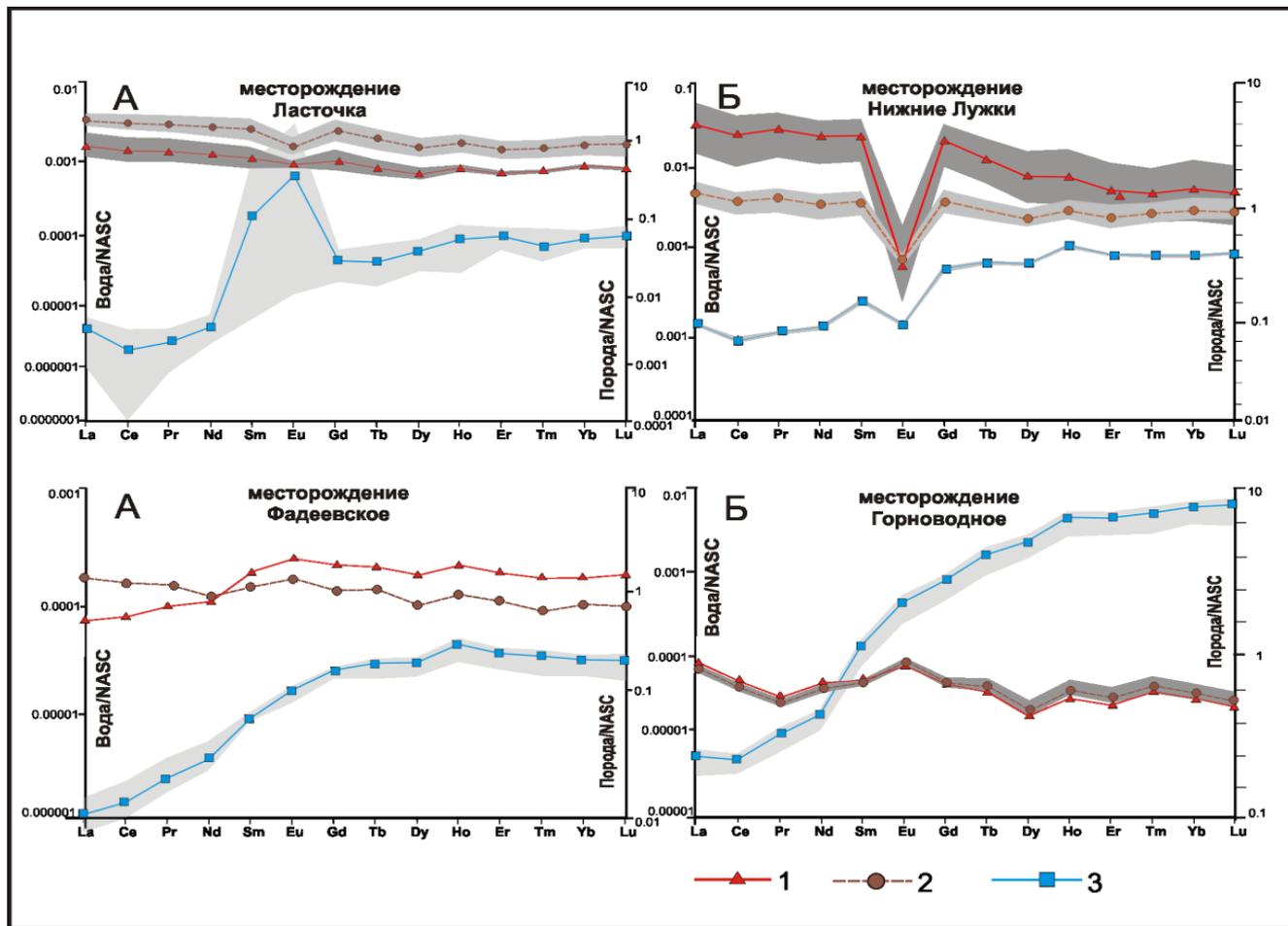
Основные гидрогеологические области: 1 – Восточно-Сихотэ-Алинская (среднее из 6 анализов); 2 – Южно-Сихотэ-Алинская (среднее из 8 анализов); 3 – Центрально-Сихотэ-Алинская, западная часть (среднее из 3 анализов); 4 - Центрально-Сихотэ-Алинская, южная часть (среднее из 2 анализов); 5 - Приханкайская область (среднее из 8 анализов); 6 – среднее по водотокам Приморья (24 анализа)

Спектры распределения усредненных концентраций редкоземельных элементов в углекислых минеральных водах месторождений Приморья (по Вах, 2012).



1 – Ласточка; 2 – Фадеевское; 3 - Горноводное; 4 - Нижние Лужки

Спектры распределения концентраций редкоземельных элементов в водовмещающих породах и минеральных водах месторождений Приморья, локализованные в осадочных (А) и вулканогенных (Б) породах (по Вах, 2012)



1 – исходные неизменные породы; 2 – породы зоны гипергенеза; 3 – высокоминерализованные углекислые воды. Серым показано поле изменений концентраций редкоземельных элементов в водах и породах