

Тема 10. Атмосферные осадки

Атмосферные осадки – важнейший этап круговорота воды в гидросфере.



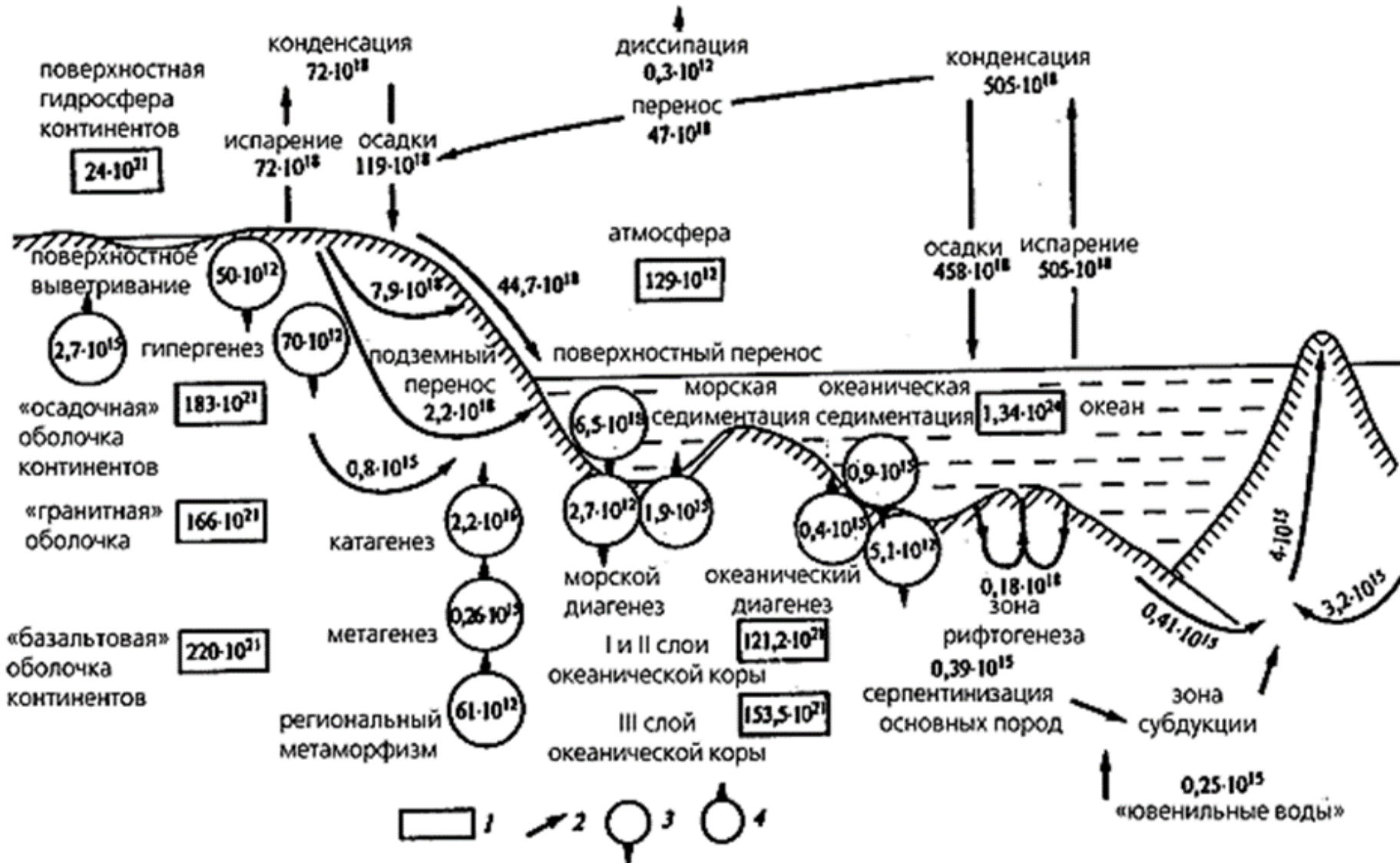
По [The USGS Water Science School - The Water Cycle]

Оценка потоков вещества в цикле воды. По (Зверев, 2011).

Время пребывания воды в атмосфере составляет всего лишь 8 дней.

Около 9% воды, испарившейся в океане, переносится на сушу, давая начало поверхностному и подземному стоку.

40% атмосферных осадков, выпадающих на поверхность суши, имеет морской источник.

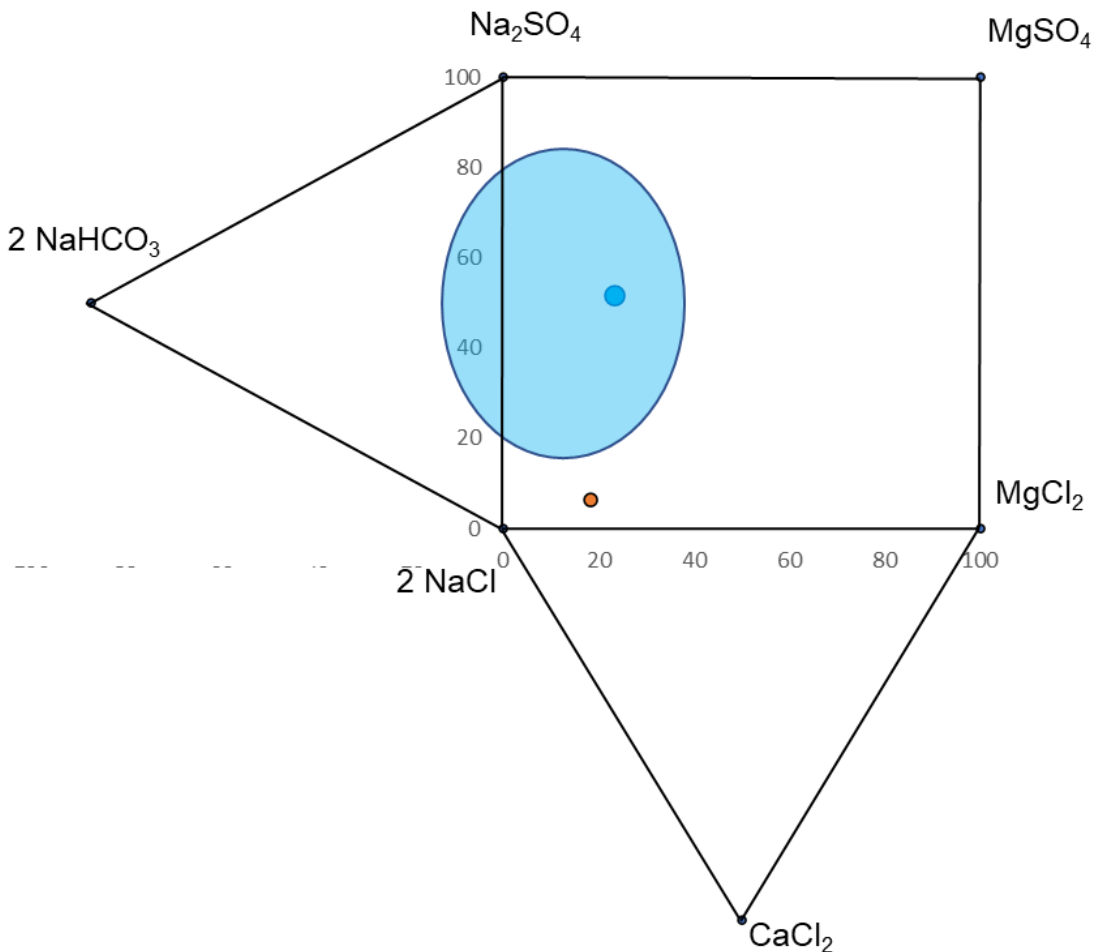


Источники растворенного вещества атмосферных осадков:

1. Поверхность океана.
2. Растворение минералов пыли с поверхности суши.
3. Растворение газовых компонентов из воздуха.
4. Растворение летучих органических веществ природного происхождения.
5. Эндогенная активность.
6. Техногенное загрязнение.

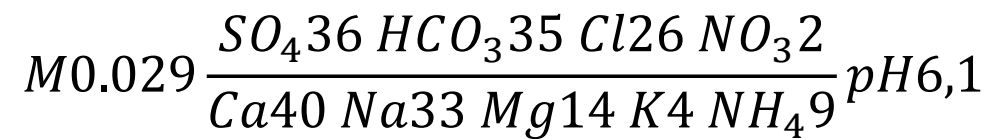
Аэрозольные частицы в воздухе – центры конденсации/кристаллизации паров воды. В отсутствие таких центров пары воды могут довольно долго сохранять метастабильное состояние.

Атмосферные осадки



Составы атмосферных осадков на диаграмме Валяшко

Среднемировой состав (синий кружок)



Для сравнения – мировой океан (красный кружок)

Фракционирование солевых компонентов атмосферных осадков относительно источников:

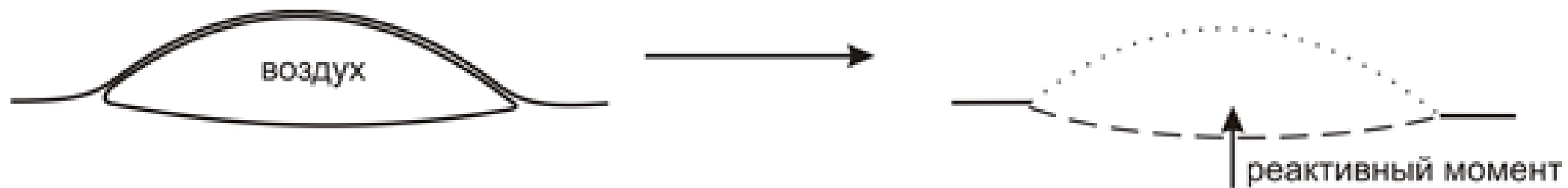
Океан: $M_{35} \frac{Cl_{90} SO_4_{9} HCO_3_{1}}{Na_{76} Mg_{19} Ca_3 K_2}$

Атмосферные осадки: $M_{0.029} \frac{SO_4_{36} HCO_3_{35} Cl_{26} NO_3_{2}}{Ca_{40} Na_{33} Mg_{14} K_4 NH_4_{9}}$

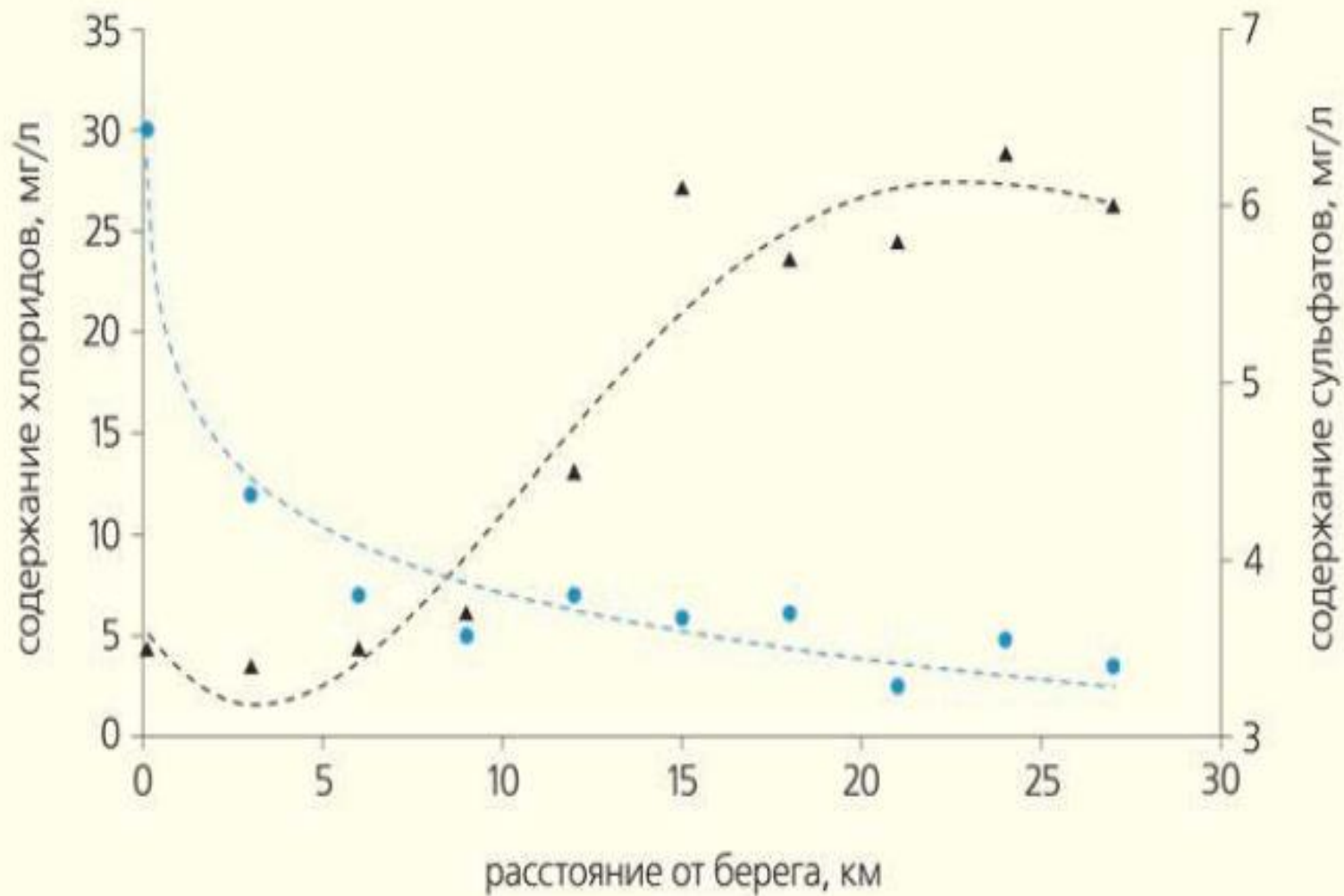
Распространенность
компонентов
в осадочной оболочке (в %):

HCO_3^-	$SO_4^{=}$	Cl	
10.0	0.26	0.54	
Ca	Mg	Na	K
7.1	2.0	1.45	1.85

Поверхность океана – источник атмосферных аэрозолей.

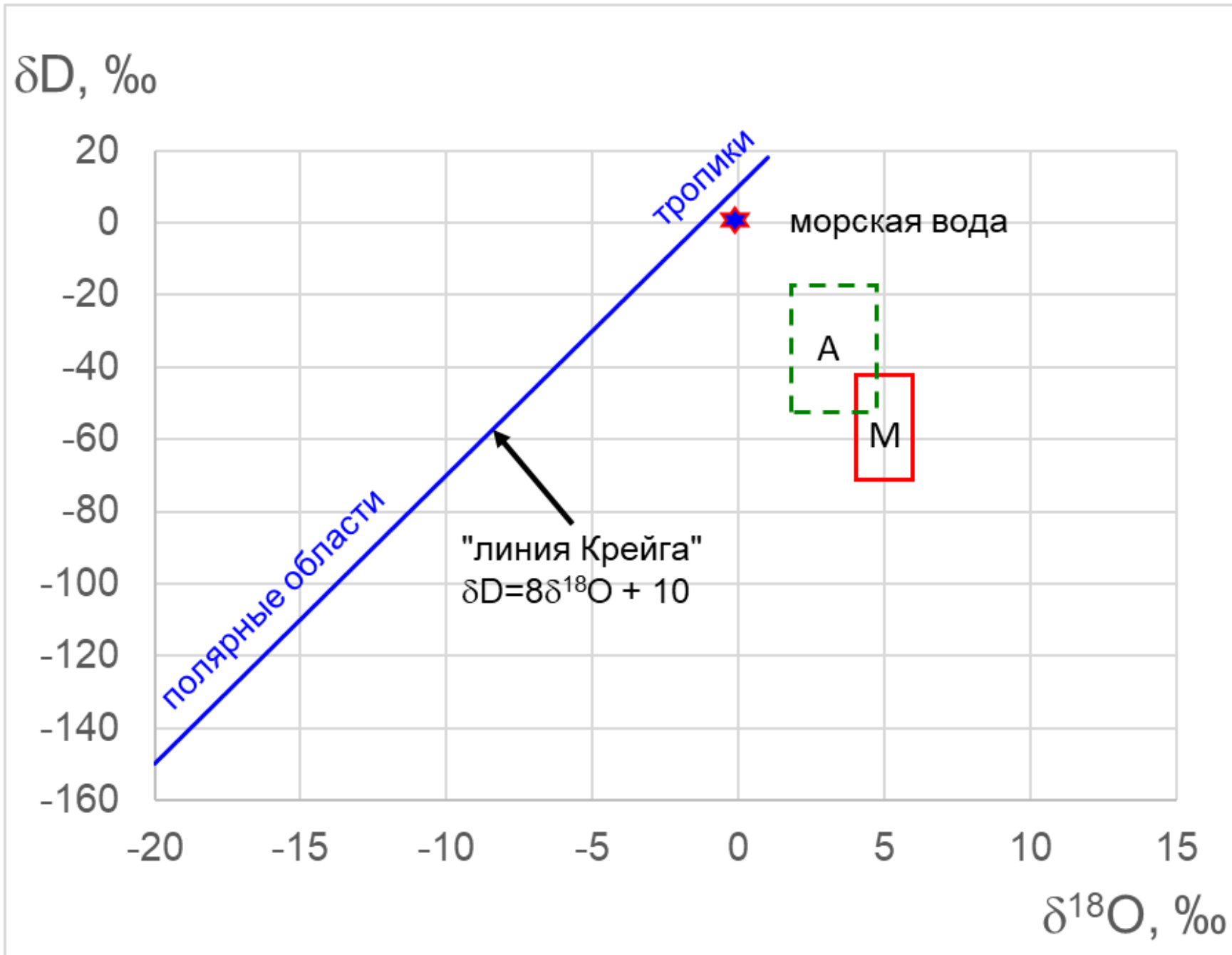


Механизм образования атмосферного аэрозоля при разрушении морской пены.



Пример быстрого вымывания «морской» солевой составляющей дождевой воды.

Содержания хлоридов и сульфатов в атмосферных осадках и озерной воде в зависимости от расстояния от берега моря. Кольский п-ов. [По Свистову и др., 2018]



ИЗОТОПНЫЙ
СОСТАВ
атмосферных
осадков

Источники растворенного вещества атмосферных осадков:

1. Поверхность океана (~ состав морской воды).

2. Растворение минералов пыли с поверхности суши.

В первую очередь – карбонаты и сульфаты кальция.

3. Растворение газовых компонентов из воздуха (CO_2 , нитраты и др.)

Существенно для HCO_3^- . Нитраты – окисление N_2 при ударах молний, окисление NH_3 и летучих аминов из почвы.

4. Растворение летучих органических веществ природного происхождения.

В том числе – диметил-сульфид и диметил-ртуть. Имеет значение для геохимических циклов некоторых микроэлементов (I, Se). «Холодная эмиссия» ртути?

5. Эндогенная активность (парогазовые и пепловые выбросы вулканов, фумаролы и др.).

Проявляется локально и эпизодически, больше всего заметно по SO_2 .

6. Техногенное загрязнение.

Техногенное воздействие на атмосферные осадки

«Кислотные дожди»

Главные компоненты техногенных выбросов, приводящие к кислотным дождям – SO_2 и окислы азота NO_x .

Основные техногенные источники SO_2 :

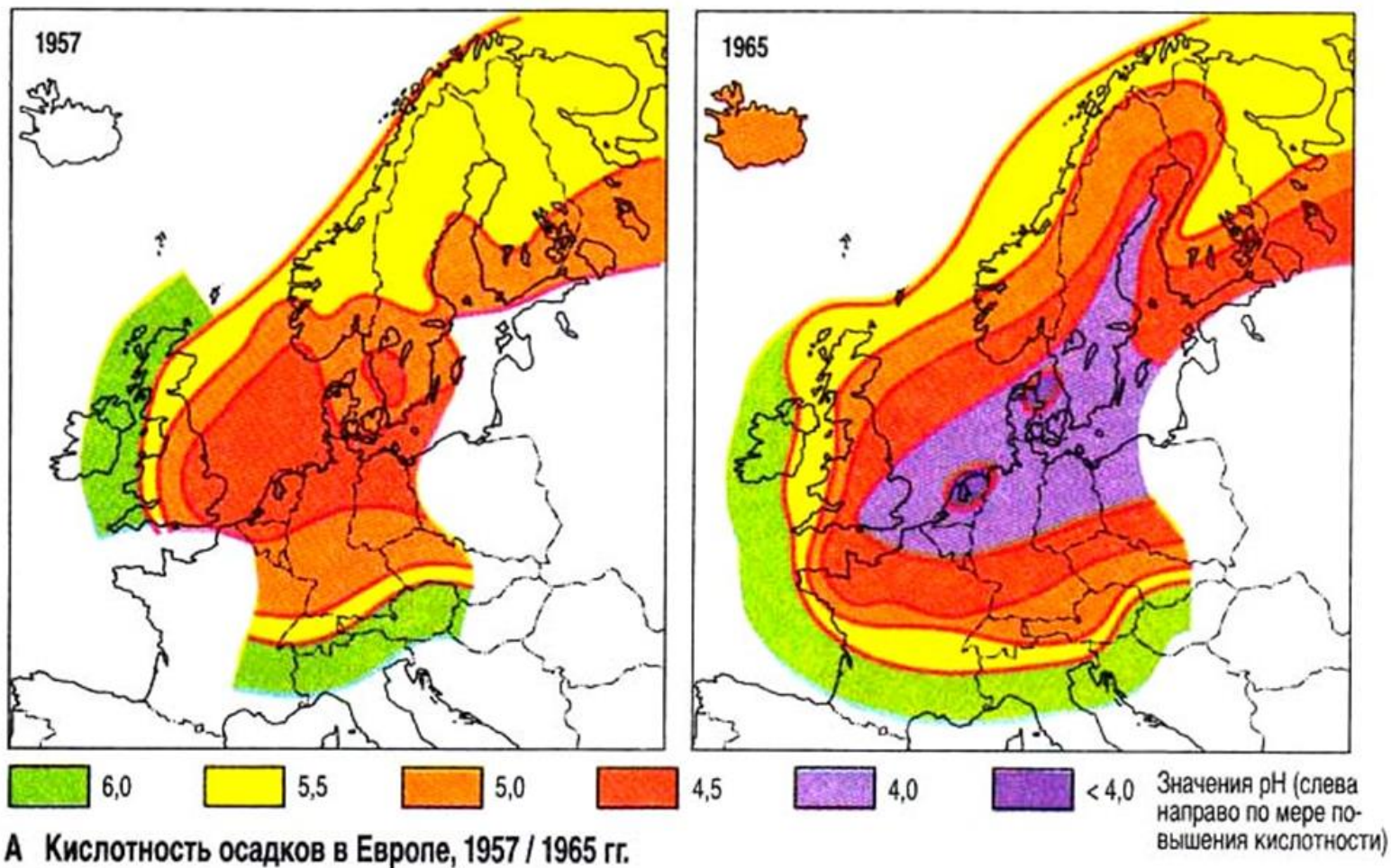
- сжигание угля и сланцев, содержащих пирит;
- переработка сульфидных руд цветных металлов (Cu, Zn, Pb ...);
- сжигание попутных газов и отходов перегонки нефти.

Основные техногенные источники NO_x :

- выхлопы двигателей внутреннего сгорания;
- выбросы азотно-туковой промышленности.

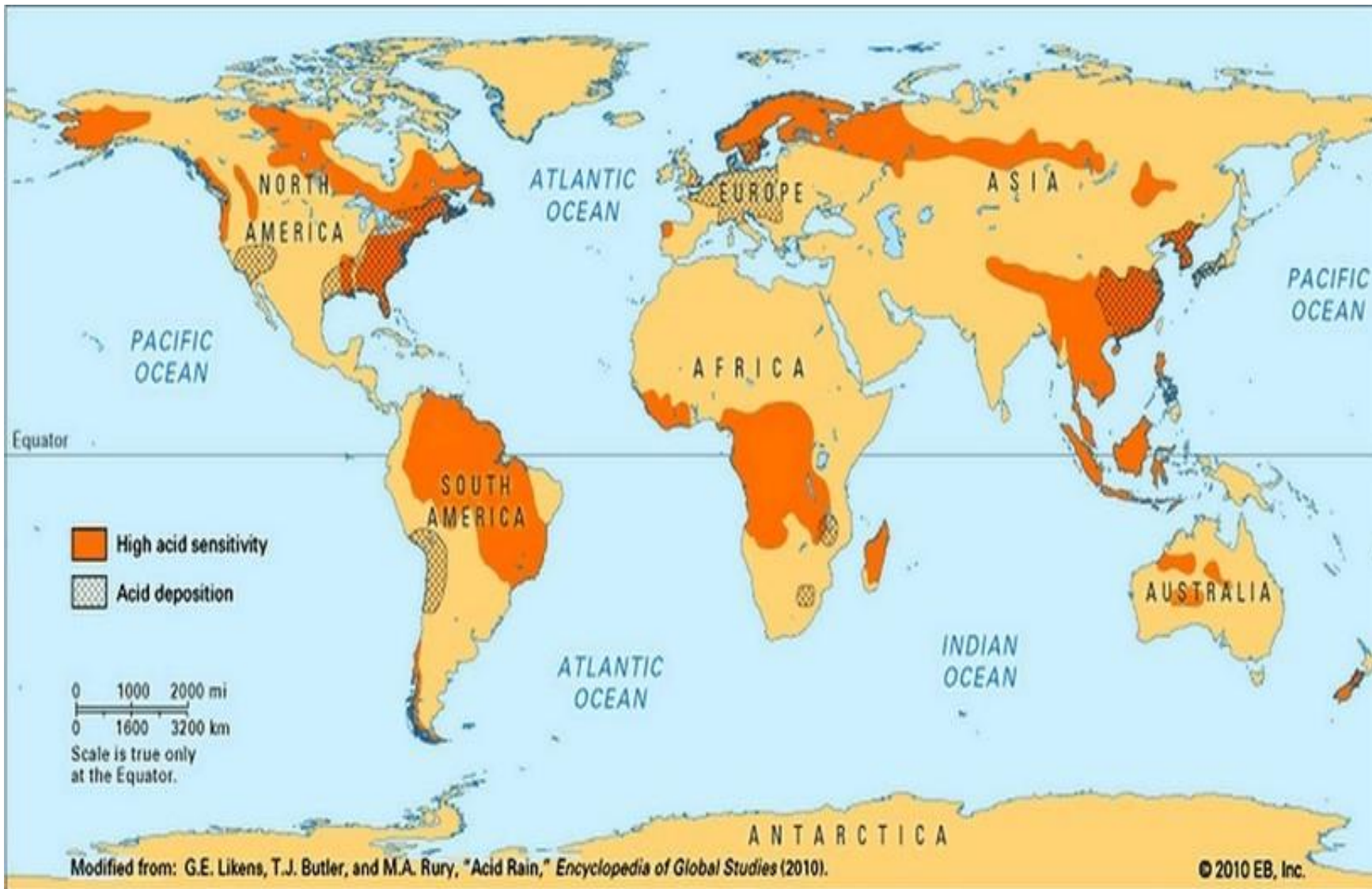


Воздействие выпадения кислотных дождей на хвойные леса.



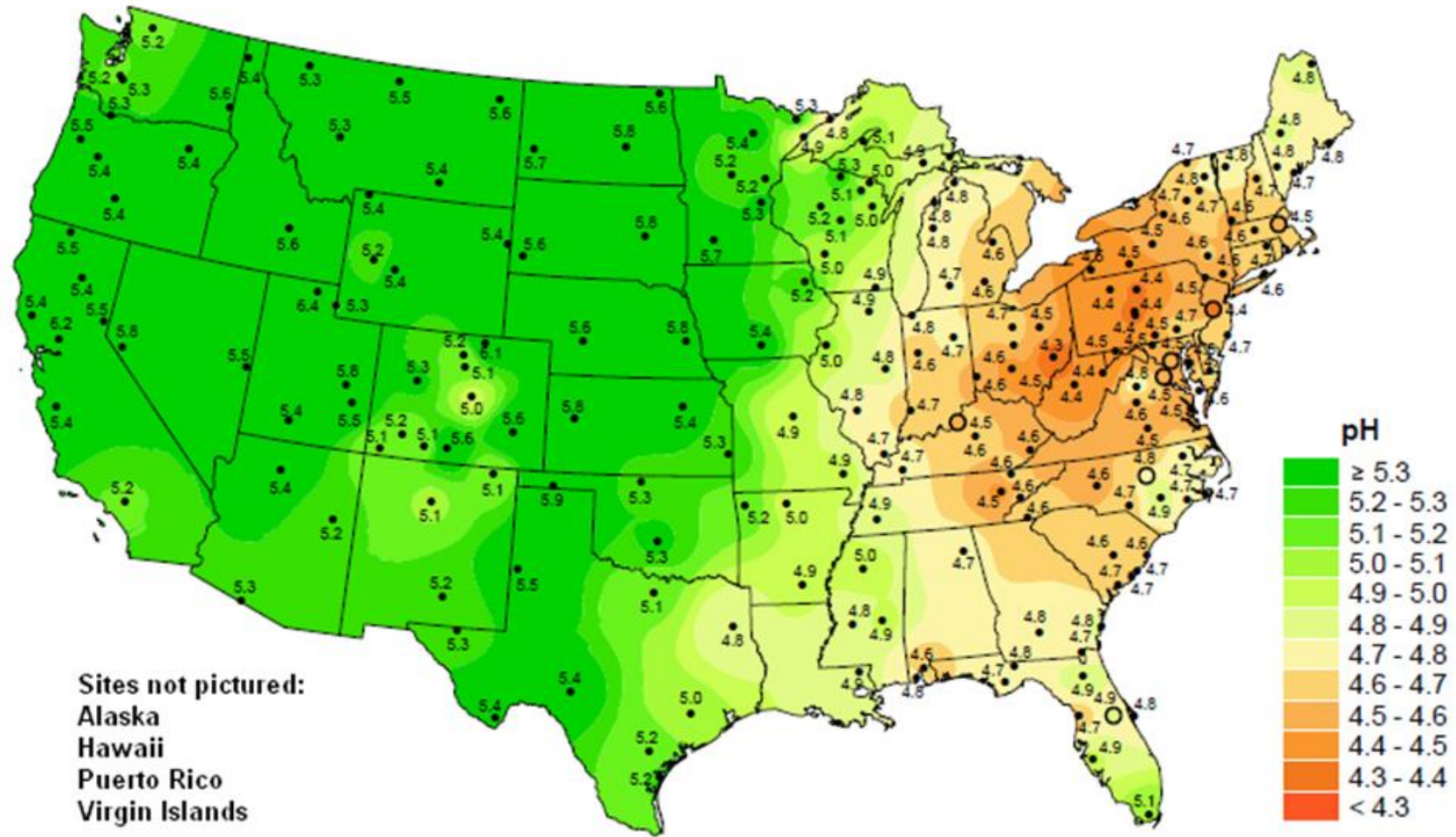
Схемы распространения кислотных дождей в Западной Европе в середине XX века.

Хорошо видна картина трансграничного переноса кислотообразующих веществ.



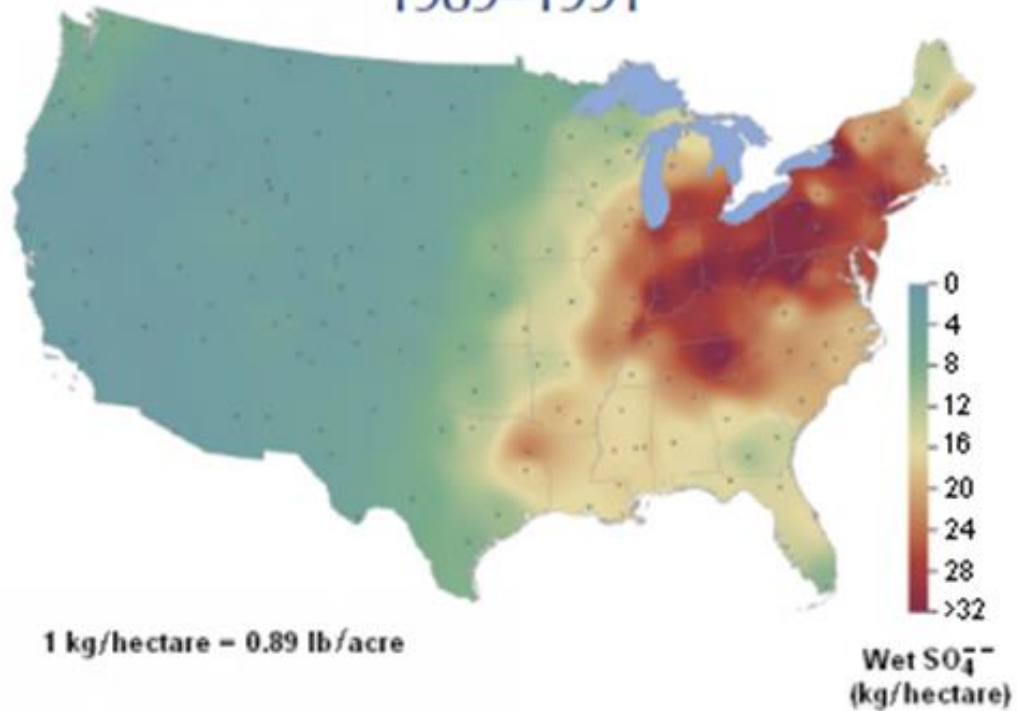
Глобальная схема техногенной активности и высокой чувствительности окружающей среды к кислотным дождям.

Measurements of Precipitation pH Across the United States in 2006

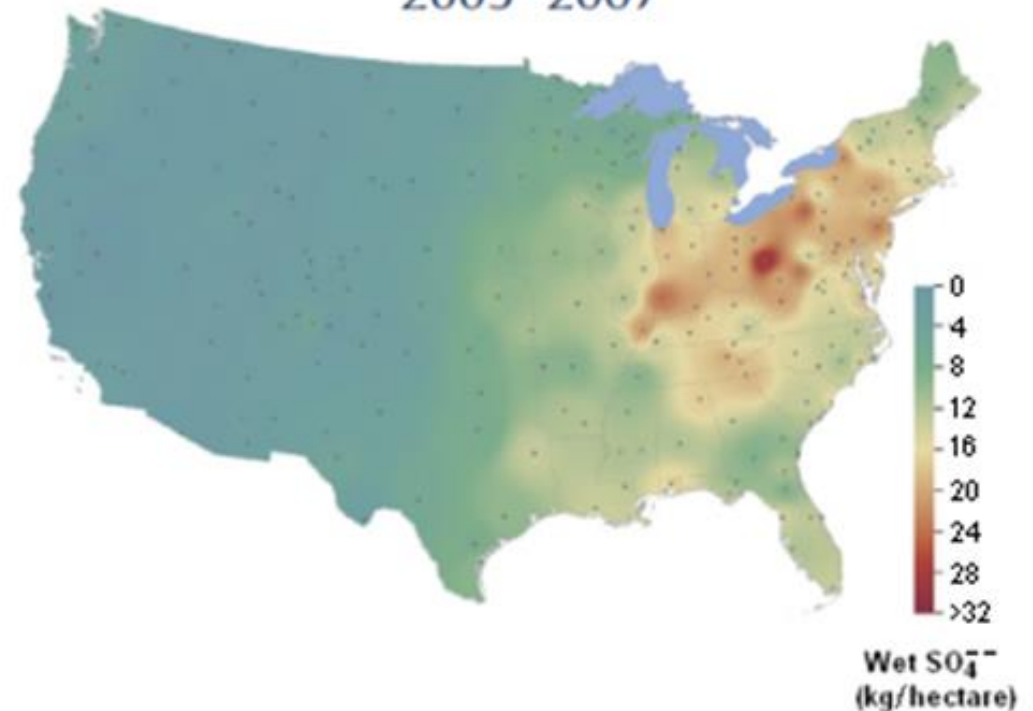


https://en.citizendium.org/wiki/File:Precipitation_pH_Map.png

Annual Mean Wet Sulfate Deposition
1989–1991



Annual Mean Wet Sulfate Deposition
2005–2007



Результаты регулирования техногенных воздействий
на окружающую среду. США.

СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН



Масштаб 1:30 000 000

Нагрузка выпадения соединений серы на территории России (1995-2004 гг.). [<https://geographyofrussia.com/>]



Норильск



Сжигание попутного газа при добыче и переработке нефти

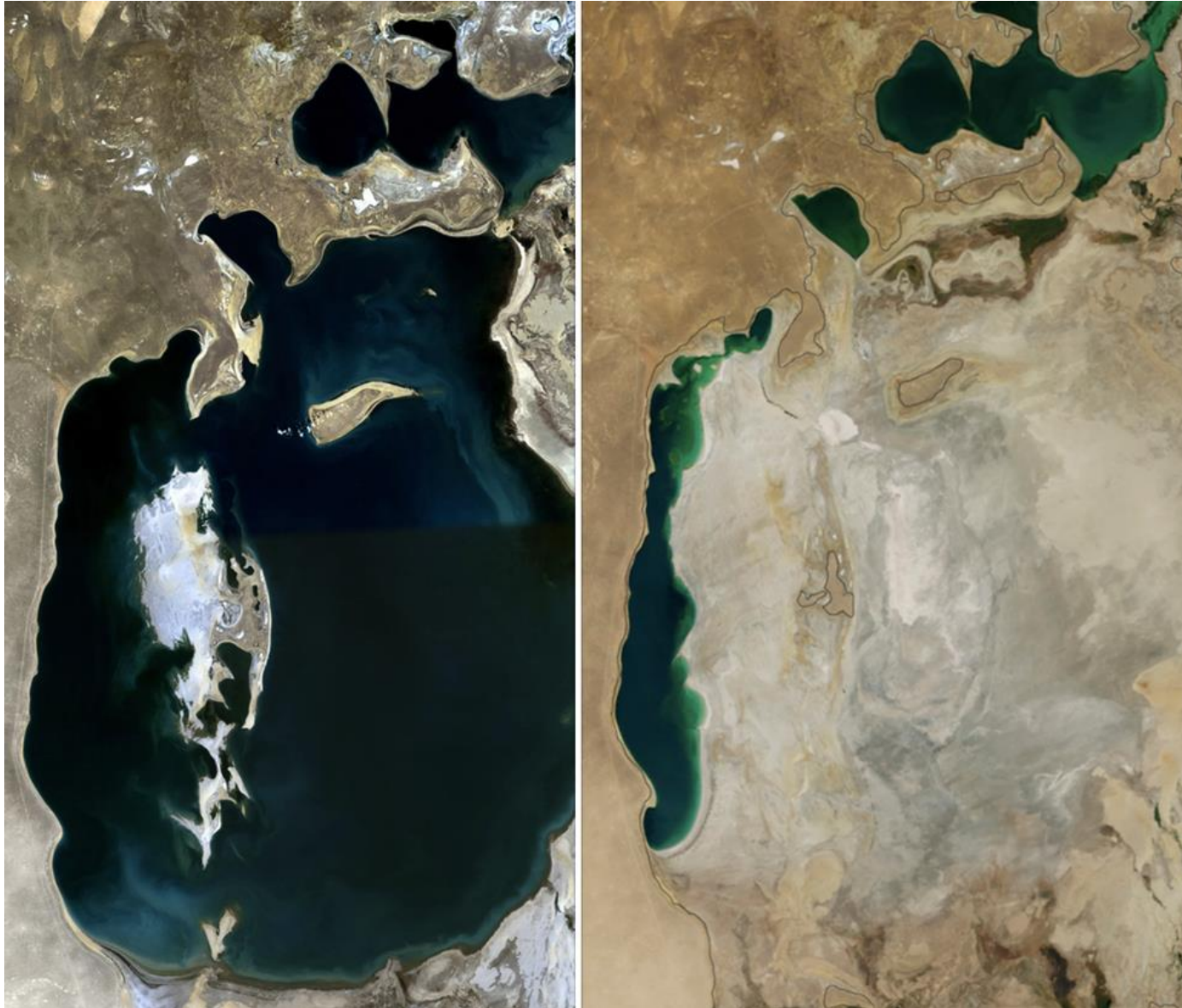


Выбросы из труб азотно-тукового комбината.

Бурая окраска создается оксидом азота NO_2 .

Этот оксид при взаимодействии с парами воды быстро окисляется до азотной кислоты, образуя капли аэрозольного размера.

Сульфатное аэрозольное загрязнение. Аральское море

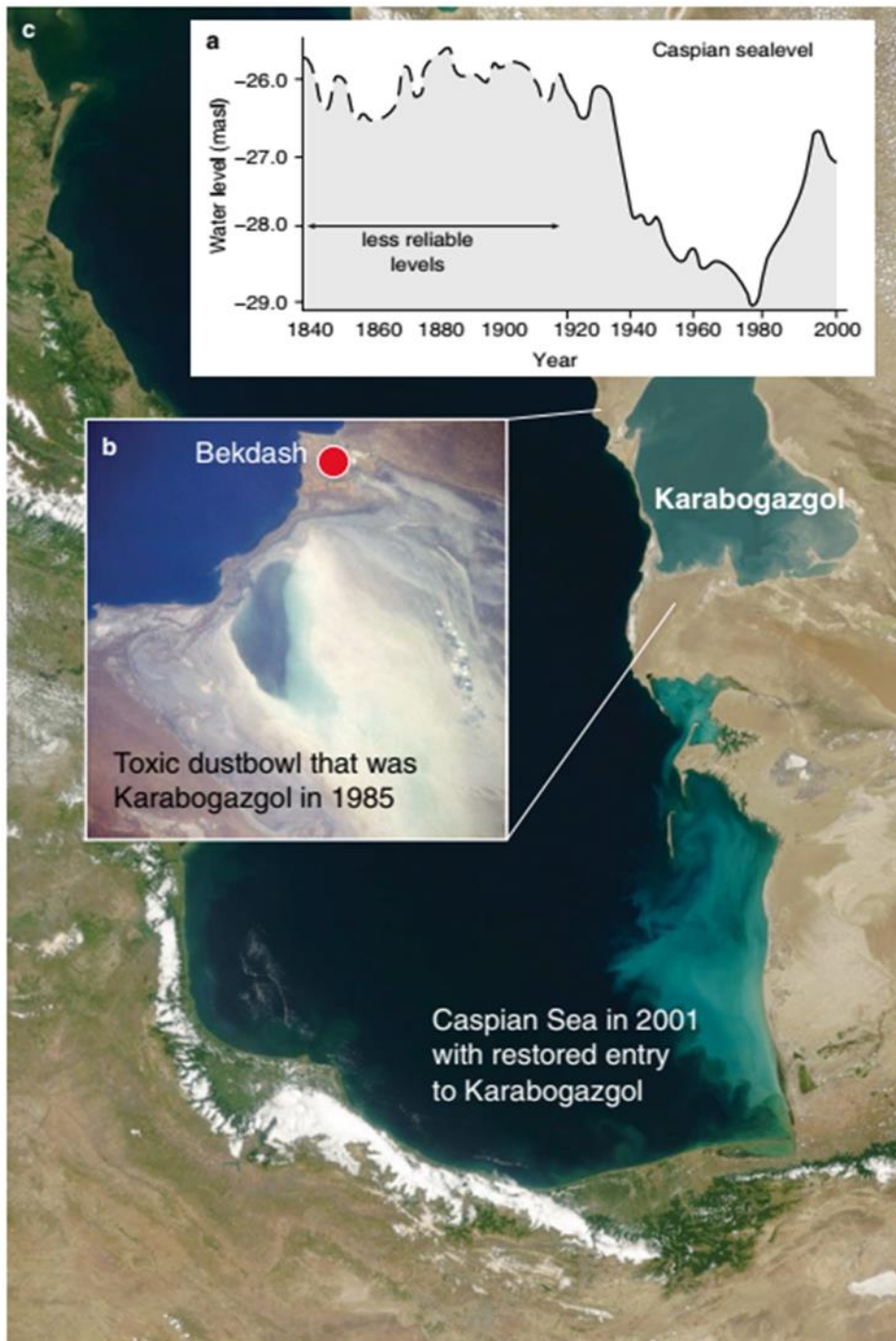


Сокращение зеркала Аральского моря за период 1989 – 2014 гг.

Источник сульфатного засоления региона – раздувание техногенных солончаков на обсохшем дне Аральского моря.

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (мирабилит) →
→ Na_2SO_4 (тенардит)

Солевое аэрозольное загрязнение. Кара-Богаз-гол



Попытка регулирования уровня Каспийского моря путем отчленения залива Кара-Богаз-гол в 1980-1992 гг.

На космоснимке - Каспийское море и залив Кара-Богаз-гол в 2001 г., после восстановления связи с морем.

На врезках:

(а) Изменение уровня Каспийского моря (1980 г. – строительство плотины в проливе, 1992 г. – ее разрушение);

(b) – Кара-Богаз-гол в 1985 г. Видны пылевые облака над юго-востоком бывшего залива.

Источник начавшегося солевого засоления региона – раздувание техногенных солончаков на обсохшем дне Кара-Богаз-гола.

