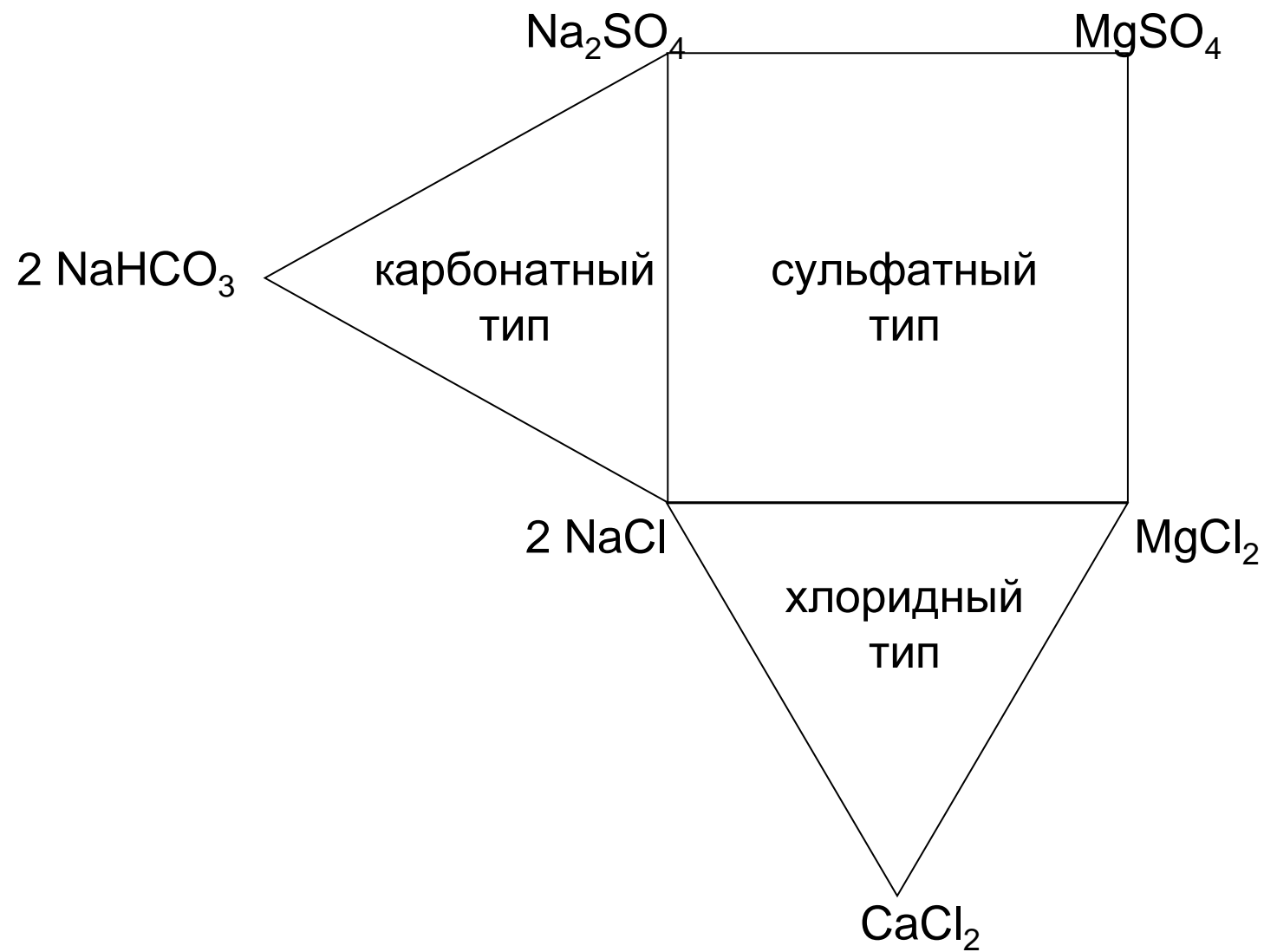


Тема 20. Использование диаграммы М.Г.Валяшко для интерпретации гидрогеохимических данных



Михаил Георгиевич Валяшко
(1907 – 1984)



Общий вид объединенной диаграммы
природных вод

Определение типа и расчет координат на диаграмме

а) Карбонатный тип (условие: $\text{HCO}_3 \geq \text{Ca} + \text{Mg}$, иначе \Downarrow)

$$a = \frac{\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg}}{\text{Na}} \cdot 100\%$$

$$b = \frac{\text{SO}_4}{\text{Na}} \cdot 100\%$$

б) Хлоридный тип (условие: $\text{Ca} \geq \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$, иначе \Downarrow)

$$f = \frac{\text{Mg}}{\text{Cl}} \cdot 100\%$$

$$g = \frac{\text{Ca} - \text{HCO}_3 - \text{SO}_4}{\text{Cl}} \cdot 100\%$$

в) Сульфатный тип (условие: все остальные)

1) если $\text{HCO}_3 \geq \text{Ca}$

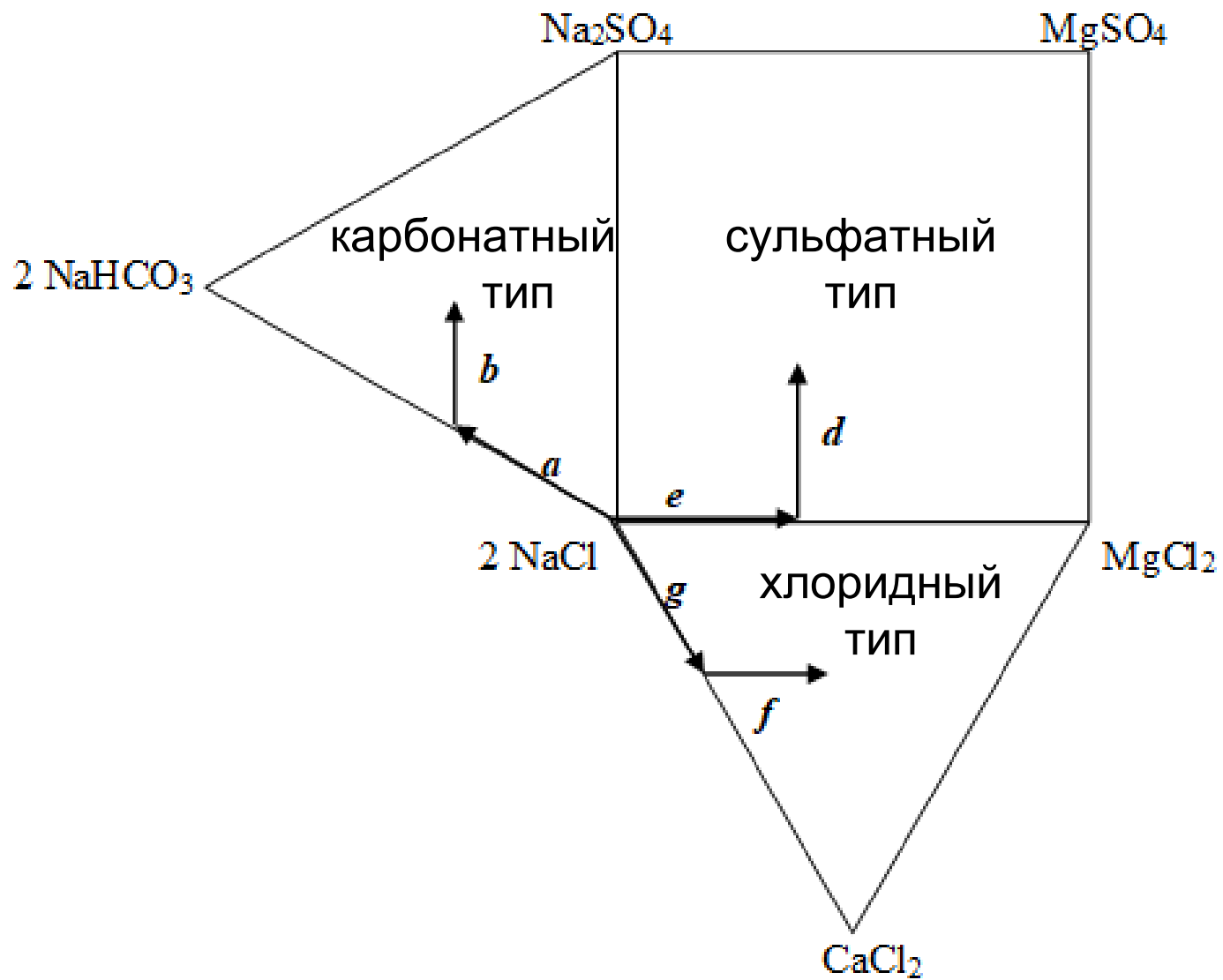
$$d = \frac{\text{SO}_4}{\text{SO}_4 + \text{Cl}} \cdot 100\%$$

$$e = \frac{\text{Ca} + \text{Mg} - \text{HCO}_3}{\text{SO}_4 + \text{Cl}} \cdot 100\%$$

2) если $\text{HCO}_3 < \text{Ca}$

$$d = \frac{\text{HCO}_3 + \text{SO}_4 - \text{Ca}}{\text{Na} + \text{Mg}} \cdot 100\%$$

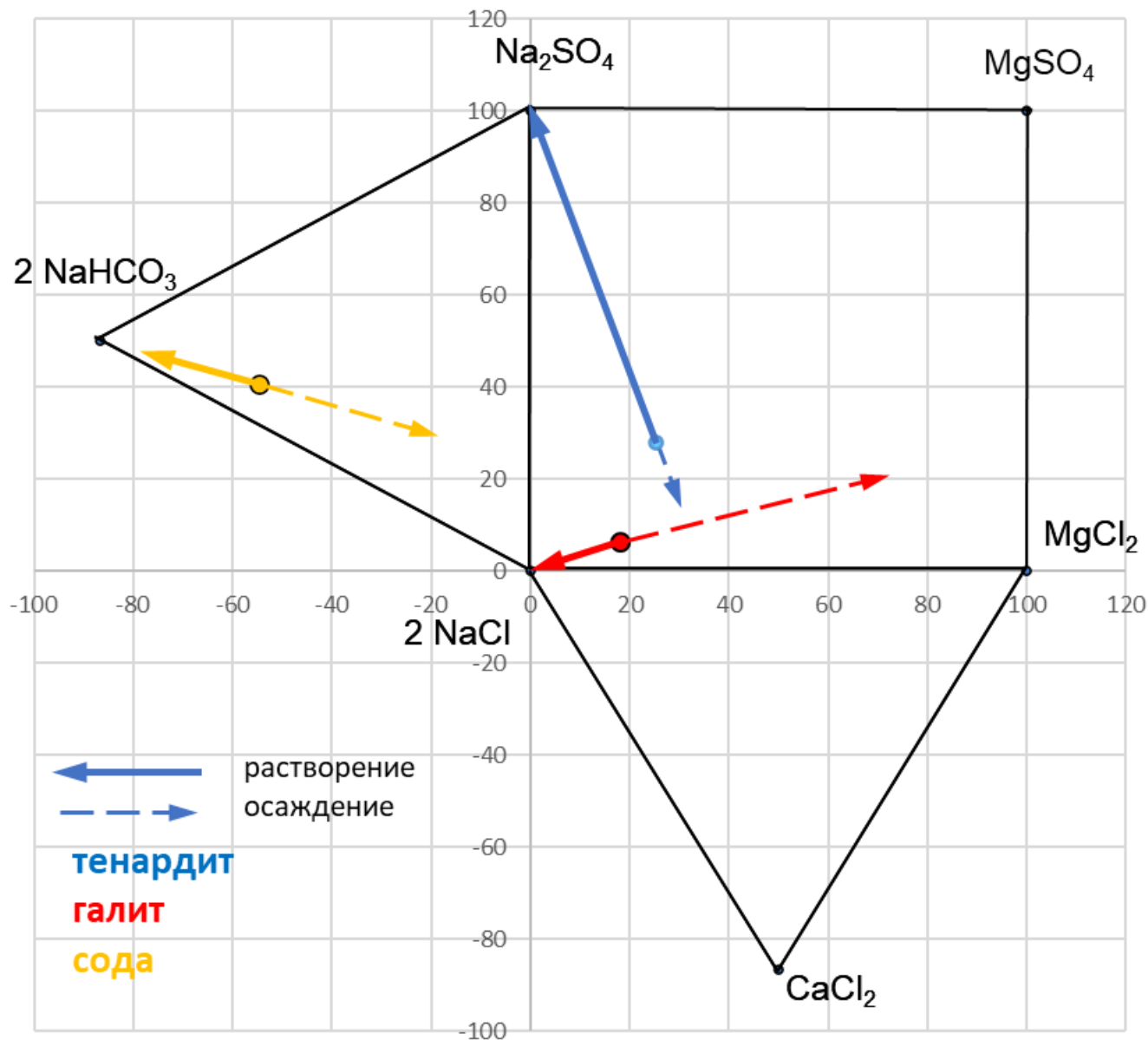
$$e = \frac{\text{Mg}}{\text{Na} + \text{Mg}} \cdot 100\%$$



Как откладывать координаты на диаграмме Валяшко.

Решение прямых задач (численный эксперимент)

Растворение/осаждение солей



Расчет траекторий точек воды при растворении солей – тенардита Na_2SO_4 , галита NaCl и соды NaHCO_3

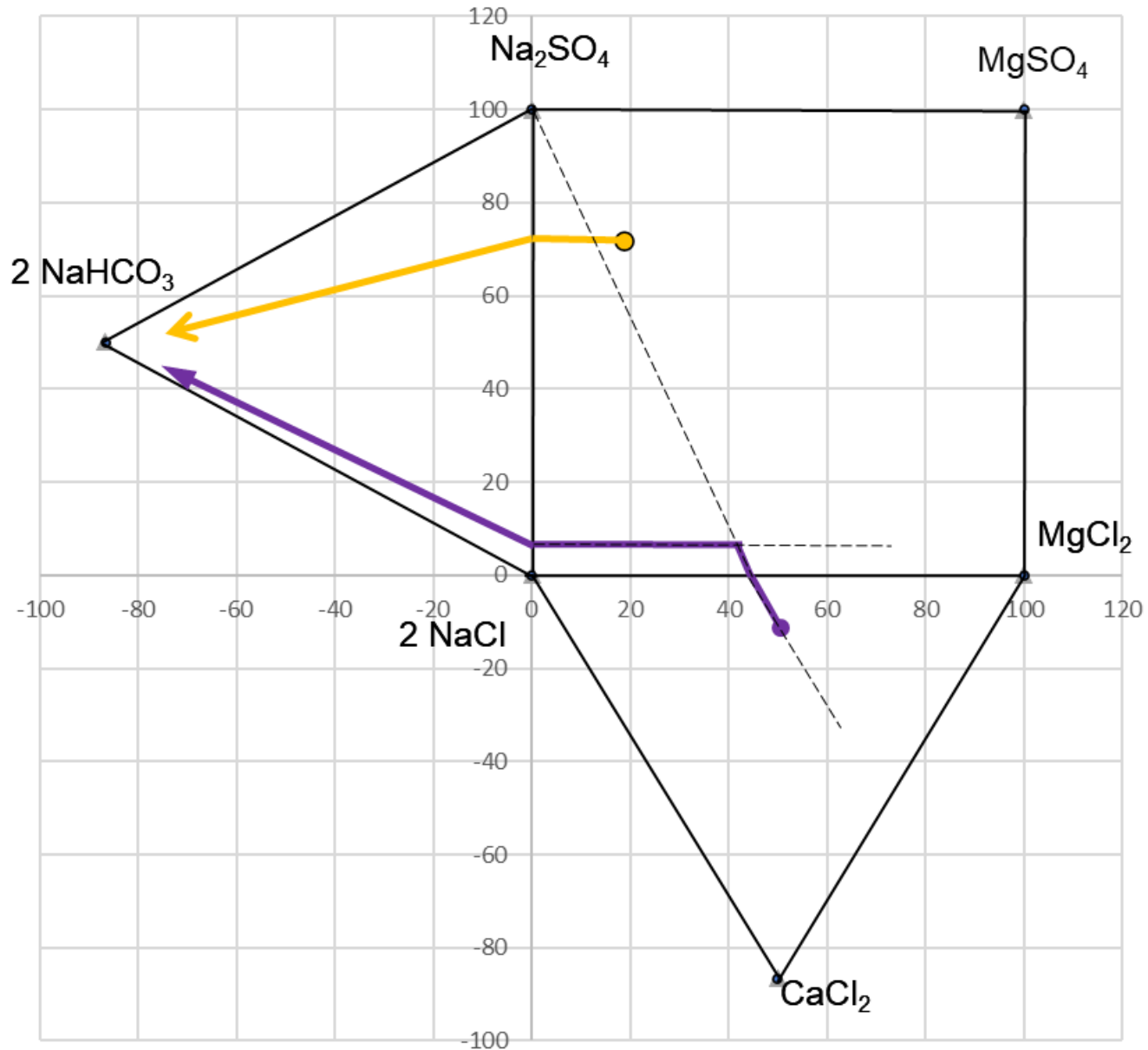
Исходные точки:

- морская вода (красная),
- вода Каспийского моря (синяя),
- вода оз. Танатар

Задачи № 3, 7.

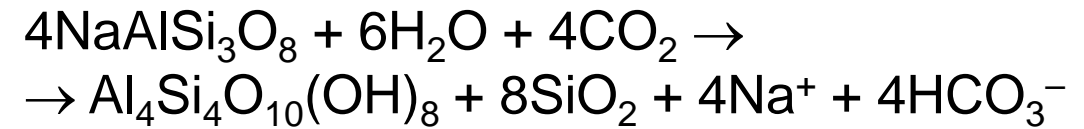
Растворение или осаждение CaCO_3 , MgCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ не приводят к смешению точек (задачи № 4 и 5).

Растворение соды



Расчет траекторий точек воды при растворении соды NaHCO_3

Сода образуется при гидролизе алюмосиликатов и избытке CO_2 по реакциям типа:



Исходные точки и реакционные соотношения:

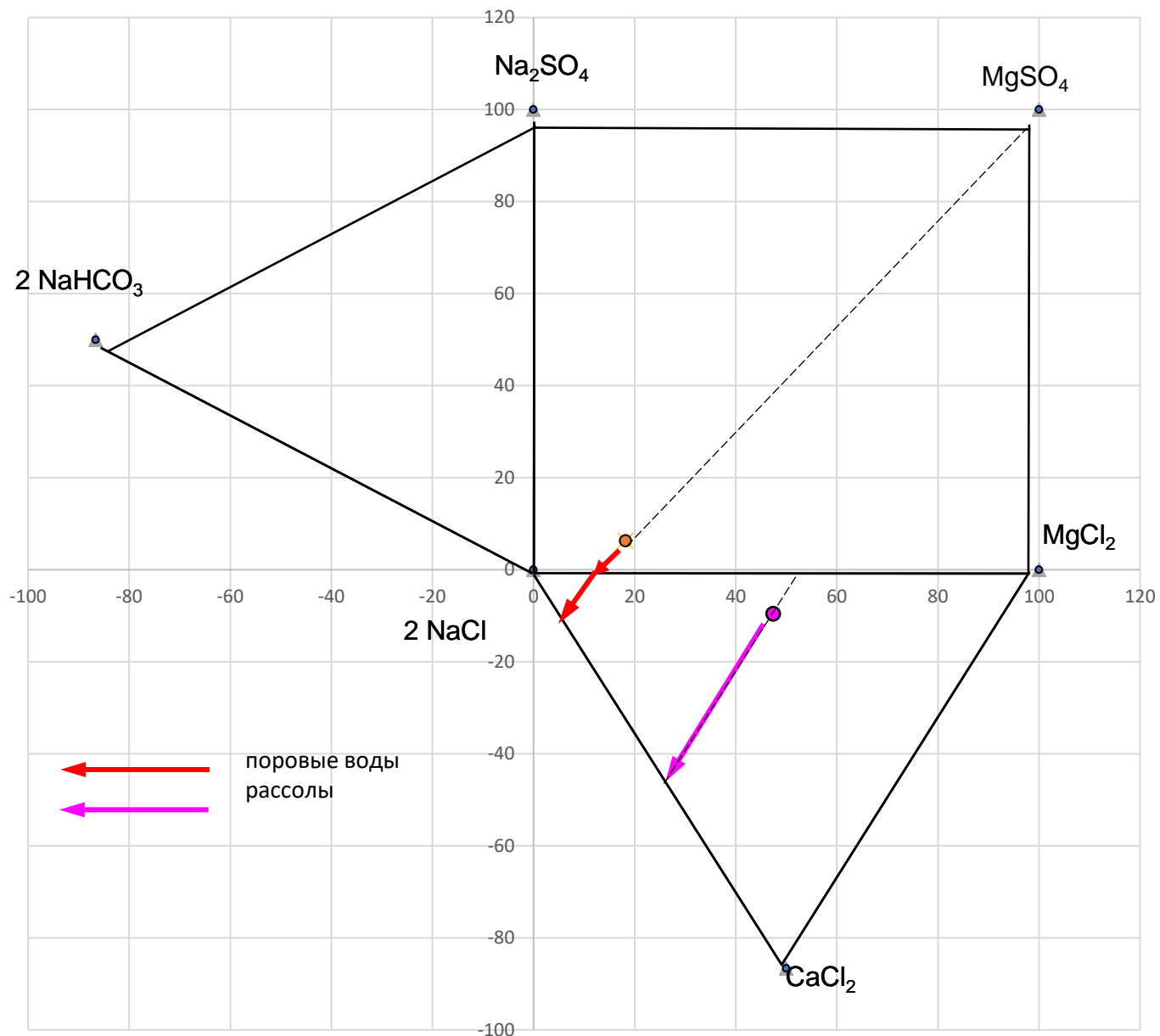
Вода оз. Гурон (желтая)



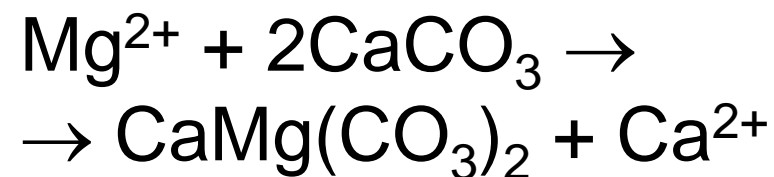
Вода Мертвого моря (фиолетовая)



Доломитизация



Расчет траекторий точек воды при доломитизации кальцита:

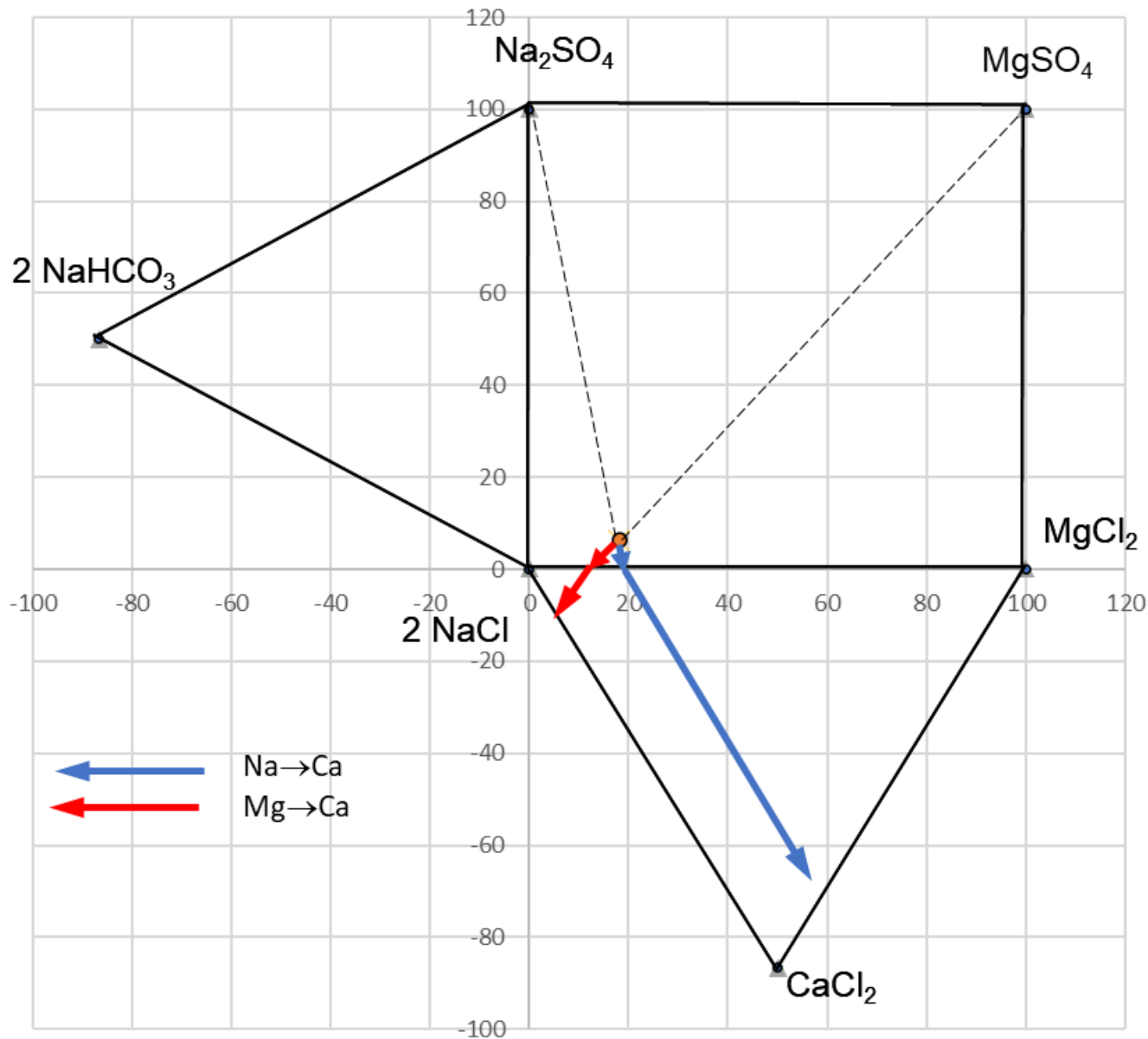


Исходные точки:

поровые воды морских осадков (красные) (задача № 10);

подземные рассолы Ангаро-Ленского бассейна (лиловые) (задача № 11).

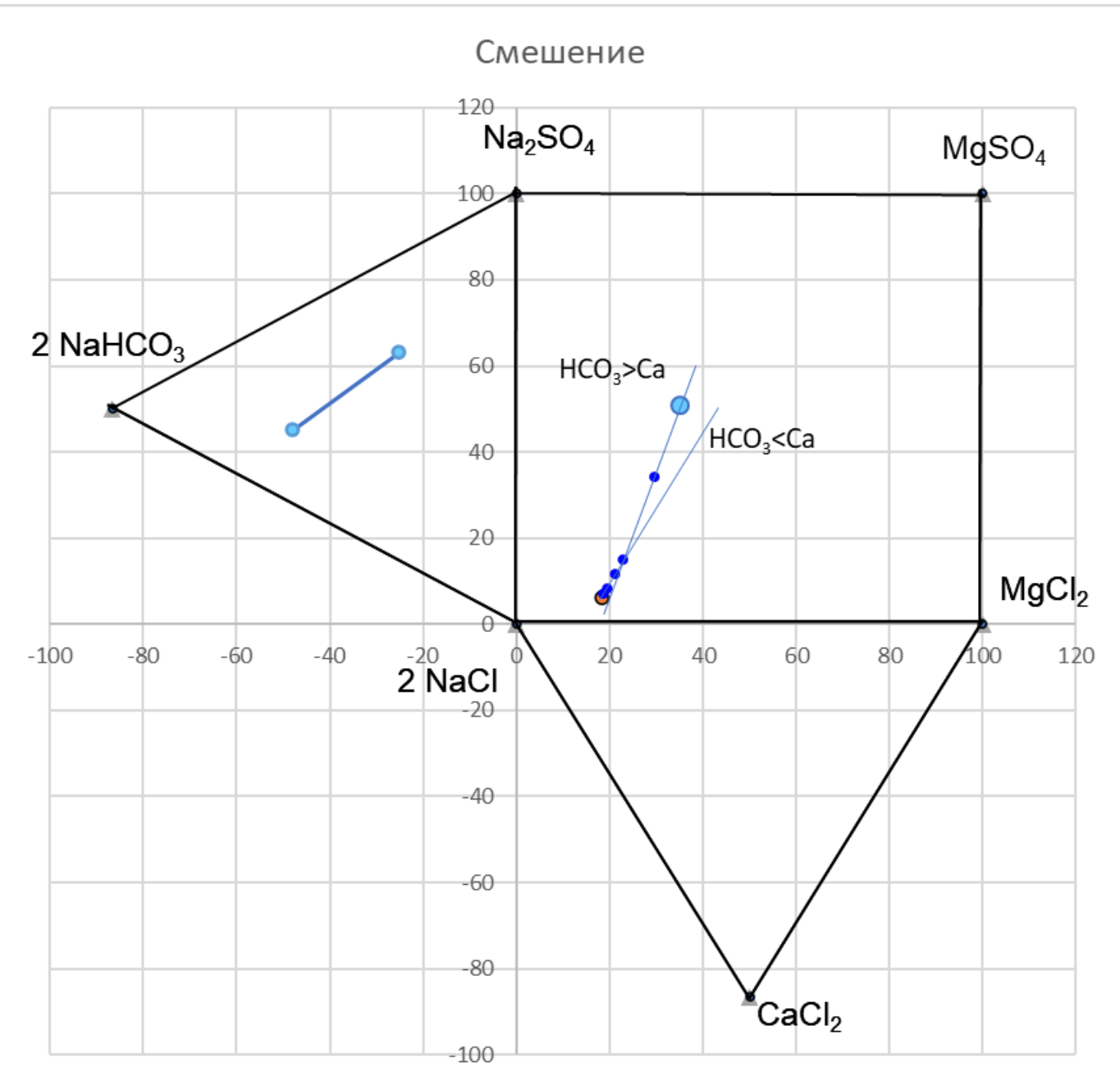
Ионный обмен



Расчет траекторий точек воды при ионном обмене: поглощаются Na и Mg, а Ca переходит в раствор.

Исходная точка – морская вода

Задача № 2



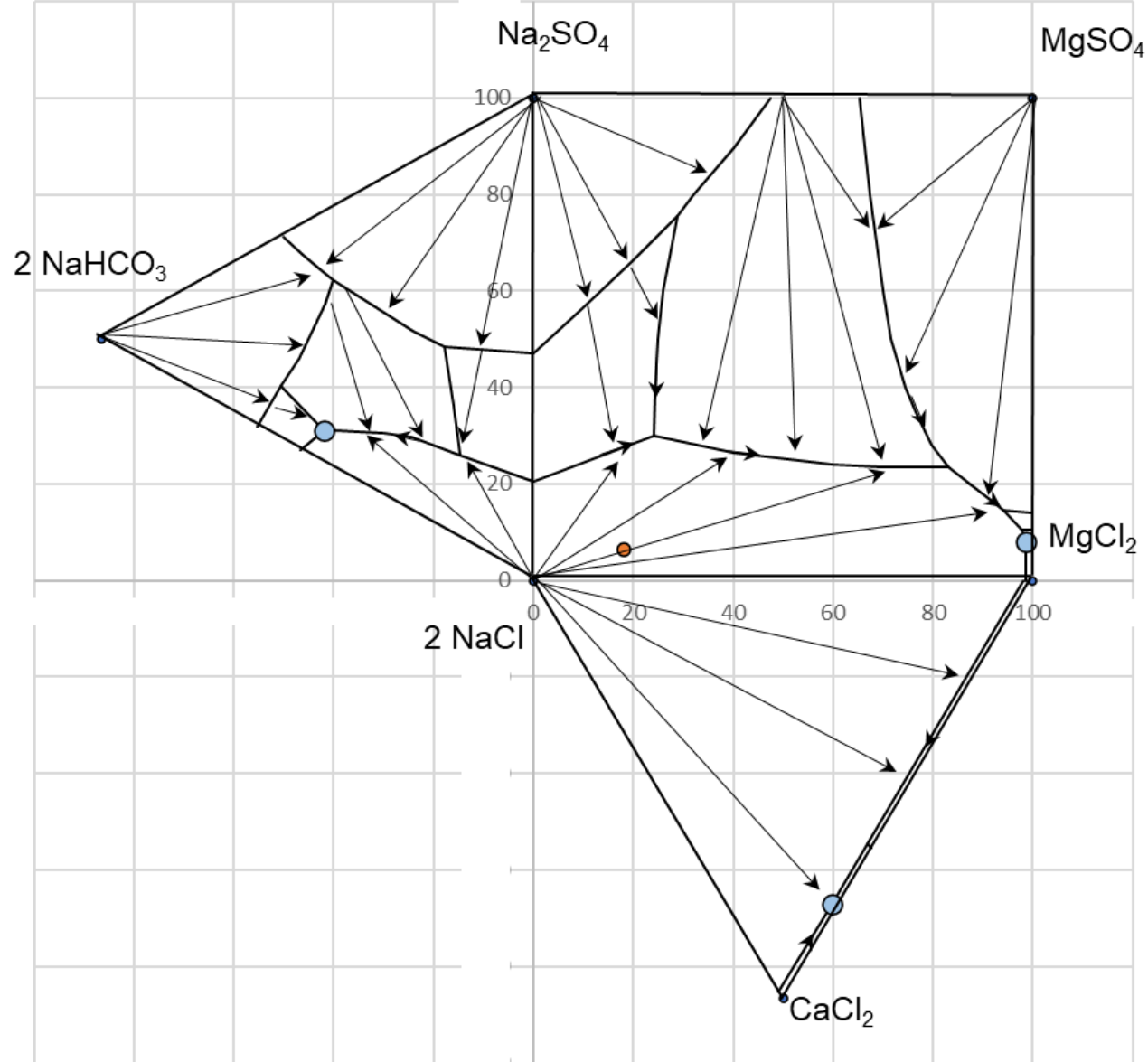
Расчет траекторий точек при смешении воды разного состава.

1. Смешение вод карбонатного типа (аналогично – для хлоридного типа).
2. Смешение вод сульфатного типа – морской (красная точка) и речной (голубая точка) (задача № 6).

Если при смешении вод сульфатного типа происходит изменение условия ($\text{Ca} > \text{HCO}_3$), линия смешения претерпевает излом).

Отражение природных процессов на диаграмме Валяшко

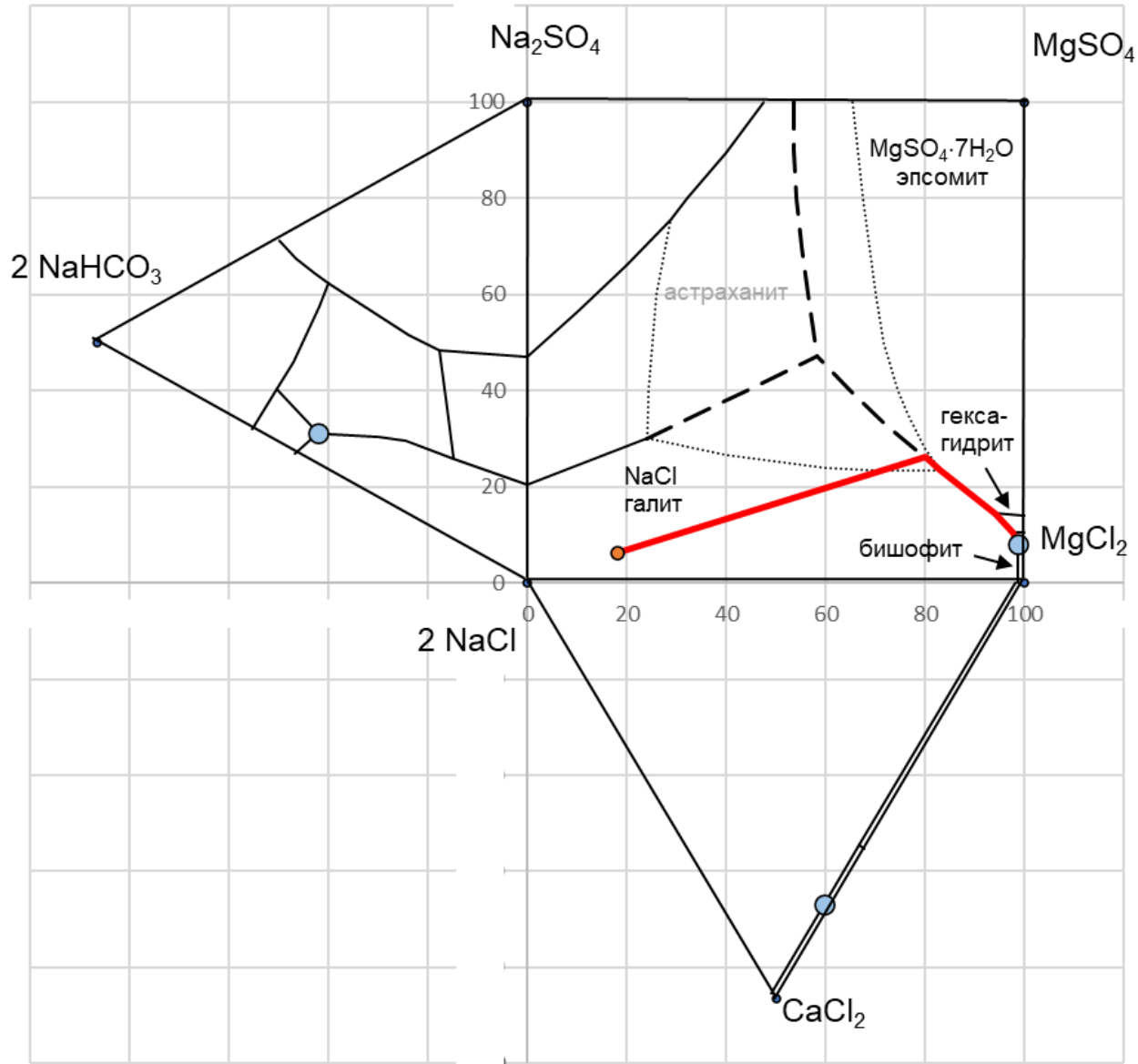
Пути кристаллизации солей



Поля кристаллизации солей и траектории точек при их отложении – равновесная диаграмма при 25°C .

Голубые точки – эвтоники для соответствующих систем;
красная точка – океанская вода.

"Солнечная" диаграмма

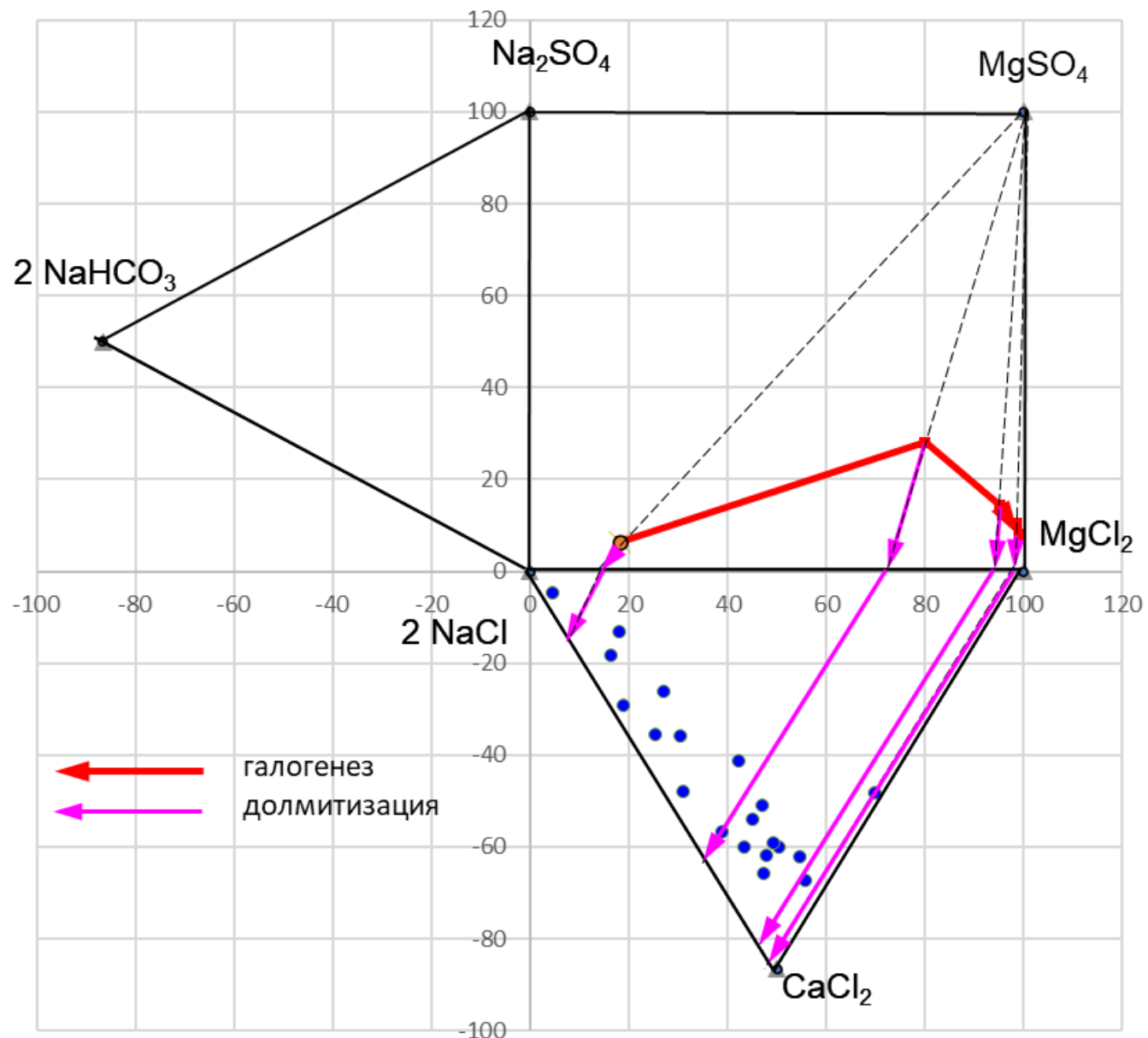


«Солнечная» диаграмма
Н.С.Курнакова и путь
испарения морской воды
(25°C).

Стадии галогенеза:

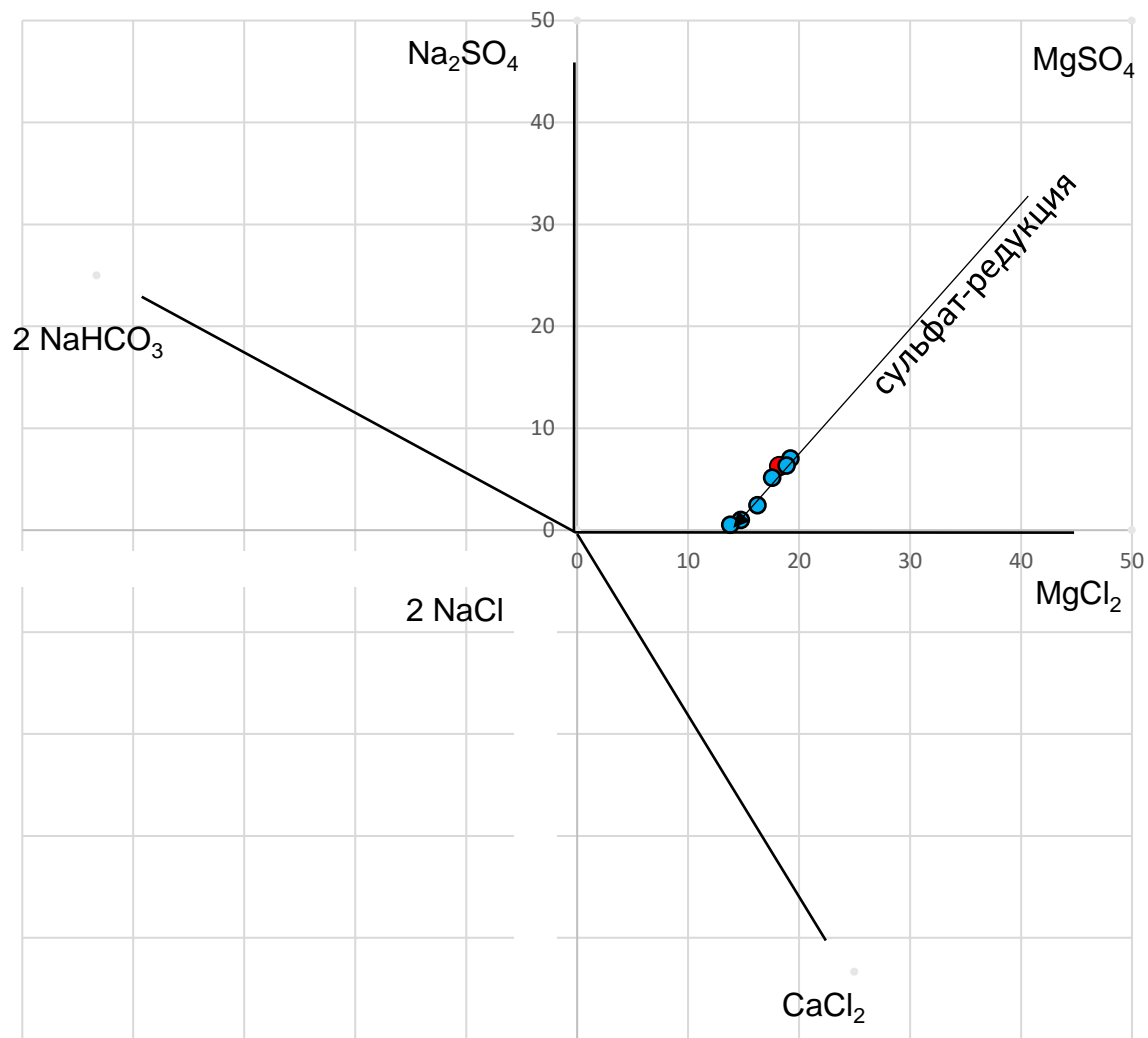
- гипсовая
- галитовая
- магниальная (эпсомит, гексагидрит)
- сильвинитовая
- карналлитовая
- бишофитовая.

Подземные рассолы при доломитизации



Траектории точек составов маточной рапы разных стадий галогенеза при катагенетической доломитизации известняков (По Валяшко, Власовой, 1971)

Точками показаны составы подсолевых рассолов Восточно-Сибирского эвапоритового бассейна (По Новикову и др., 2021)



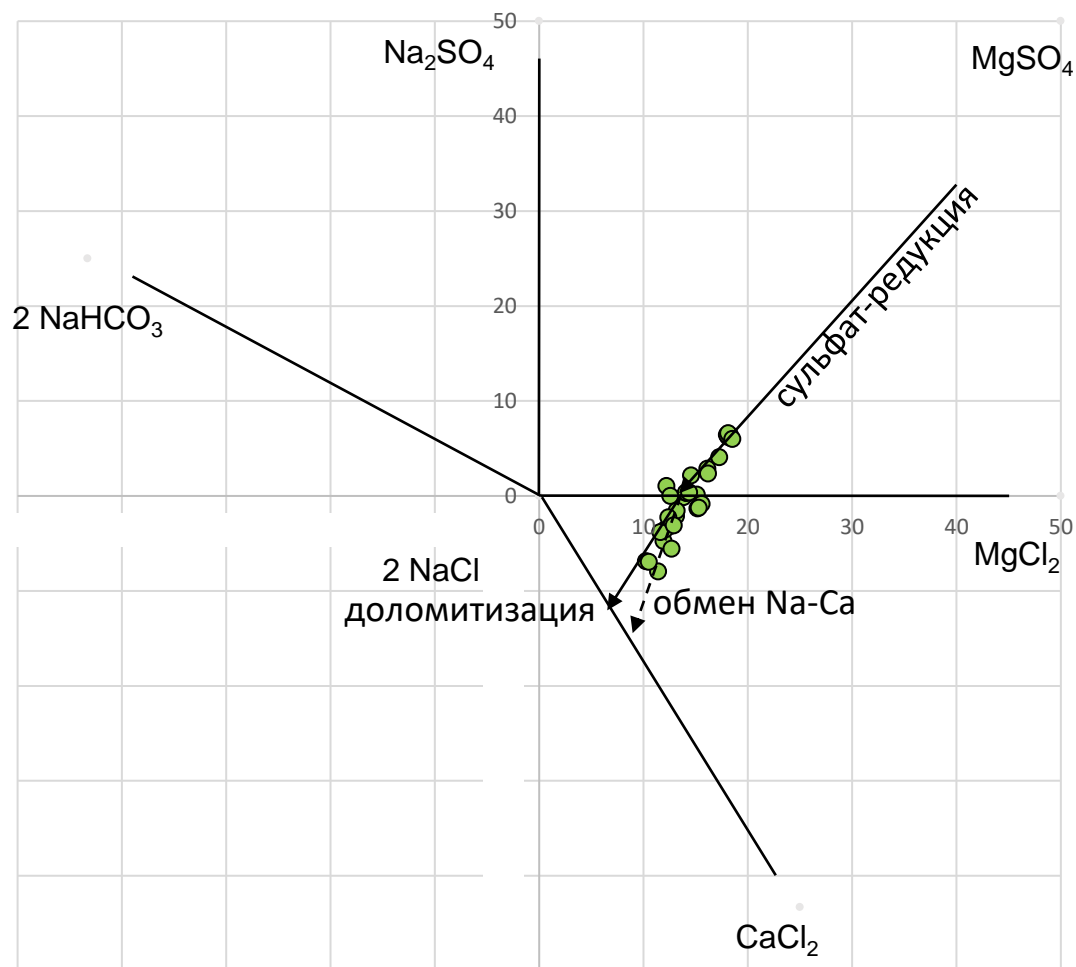
Изменение поровых вод морских осадков при диагенезе

Поровые воды современных осадков Охотского моря (по данным О.В.Шишкиной, 1972).

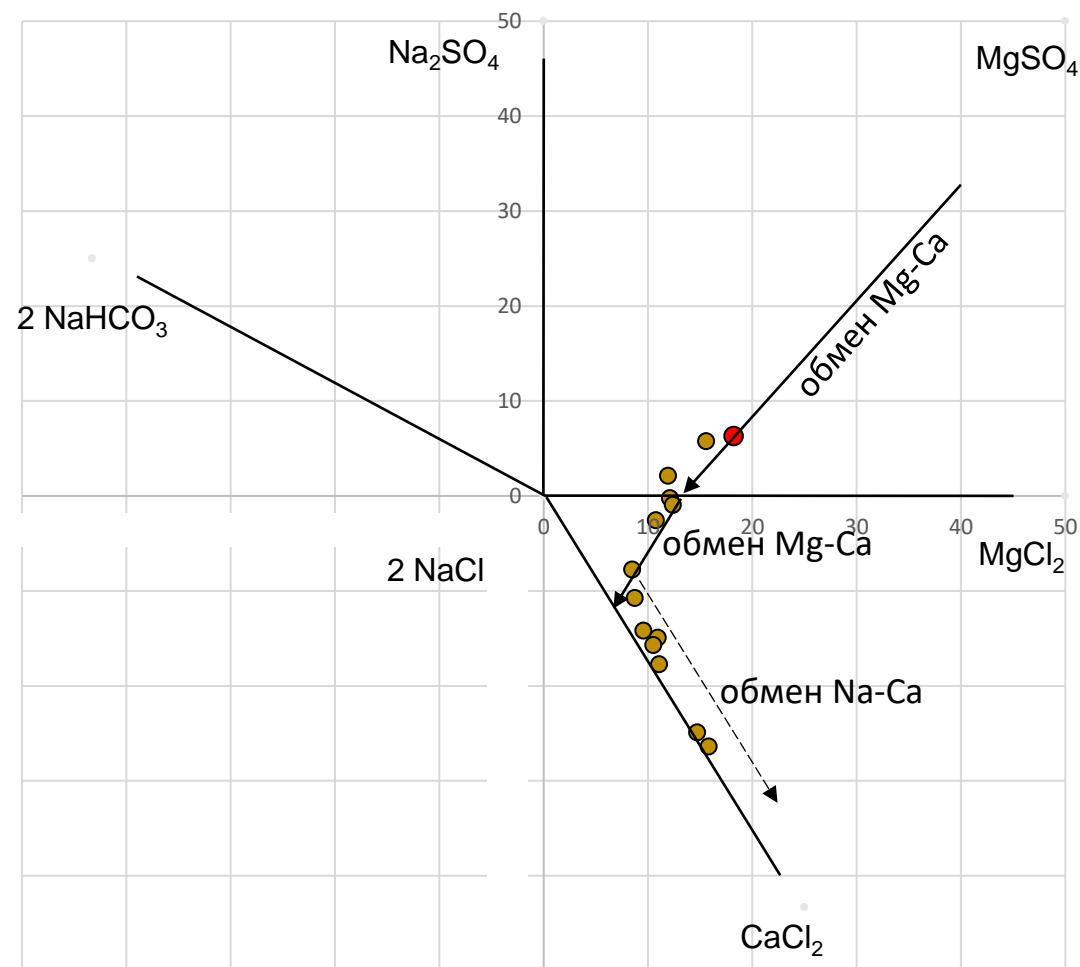
Стрелкой показан теоретический путь изменения раствора при сульфат-редукции.

Изменение поровых вод морских отложений при катагенезе

Карбонатно-терригенные породы

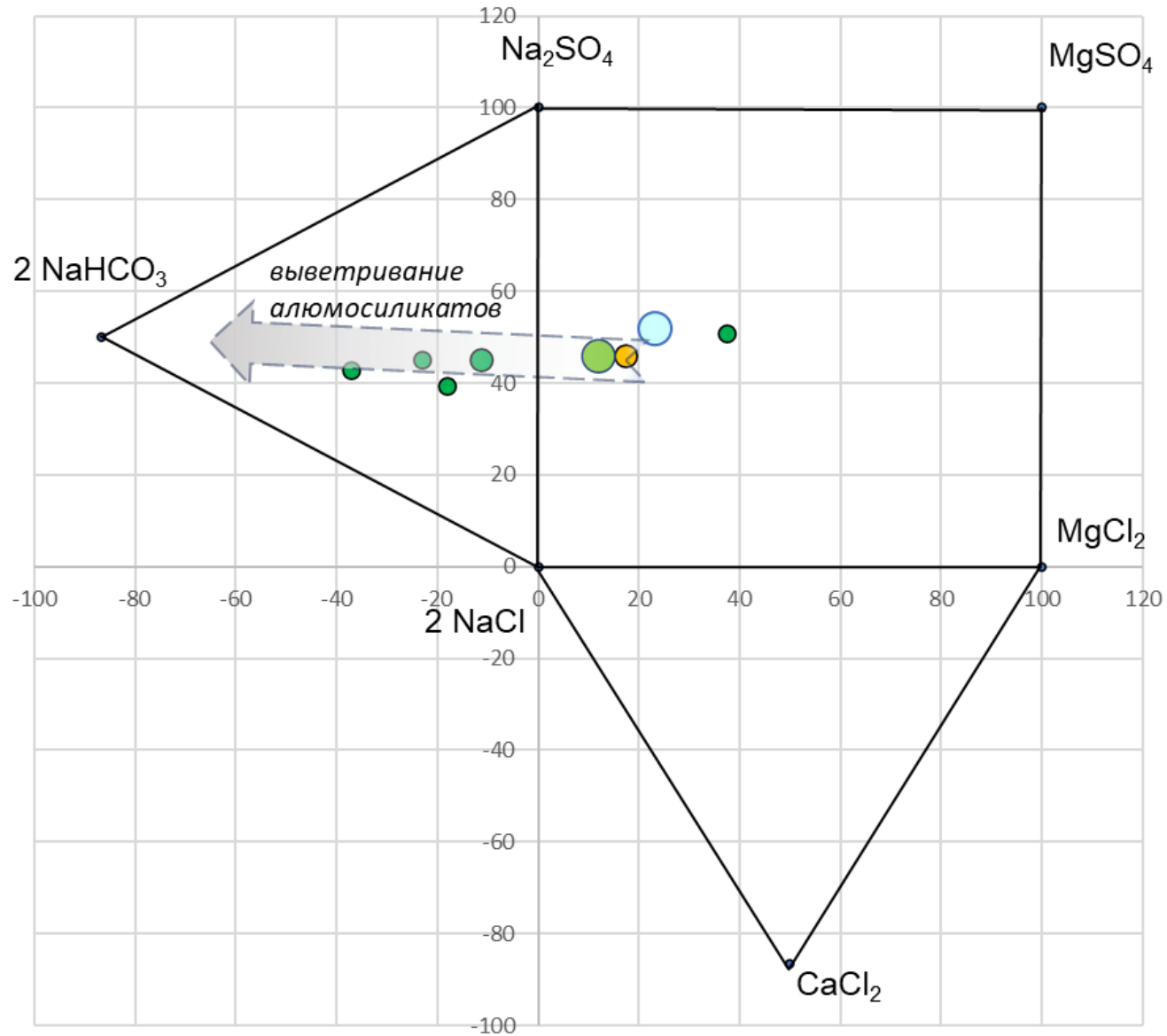


Вулканогенные породы



По данным глубоководного бурения в Мировом океане (рейс 18 DSDP, Waterman et al., 1974; рейс 35 DSDP (Gieskes, Lawrence, 1976)). Стрелками показаны теоретические пути изменения раствора при обменных реакциях.

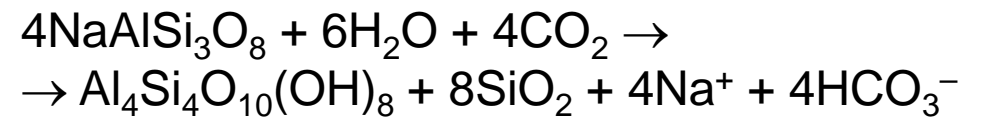
Воды зоны гипергенеза



Воды зоны гипергенеза (по С.Л.Шварцеву, 1998).

Голубая точка – среднемировой состав атмосферных осадков; большая зеленая - среднемировой состав грунтовых вод; желтая – воды зоны континентального засоления; маленькие зеленые – средние составы для климатических зон с избыточным увлажнением.

Стрелкой показан расчетный тренд для реакции гидролиза альбита с образованием каолинита:

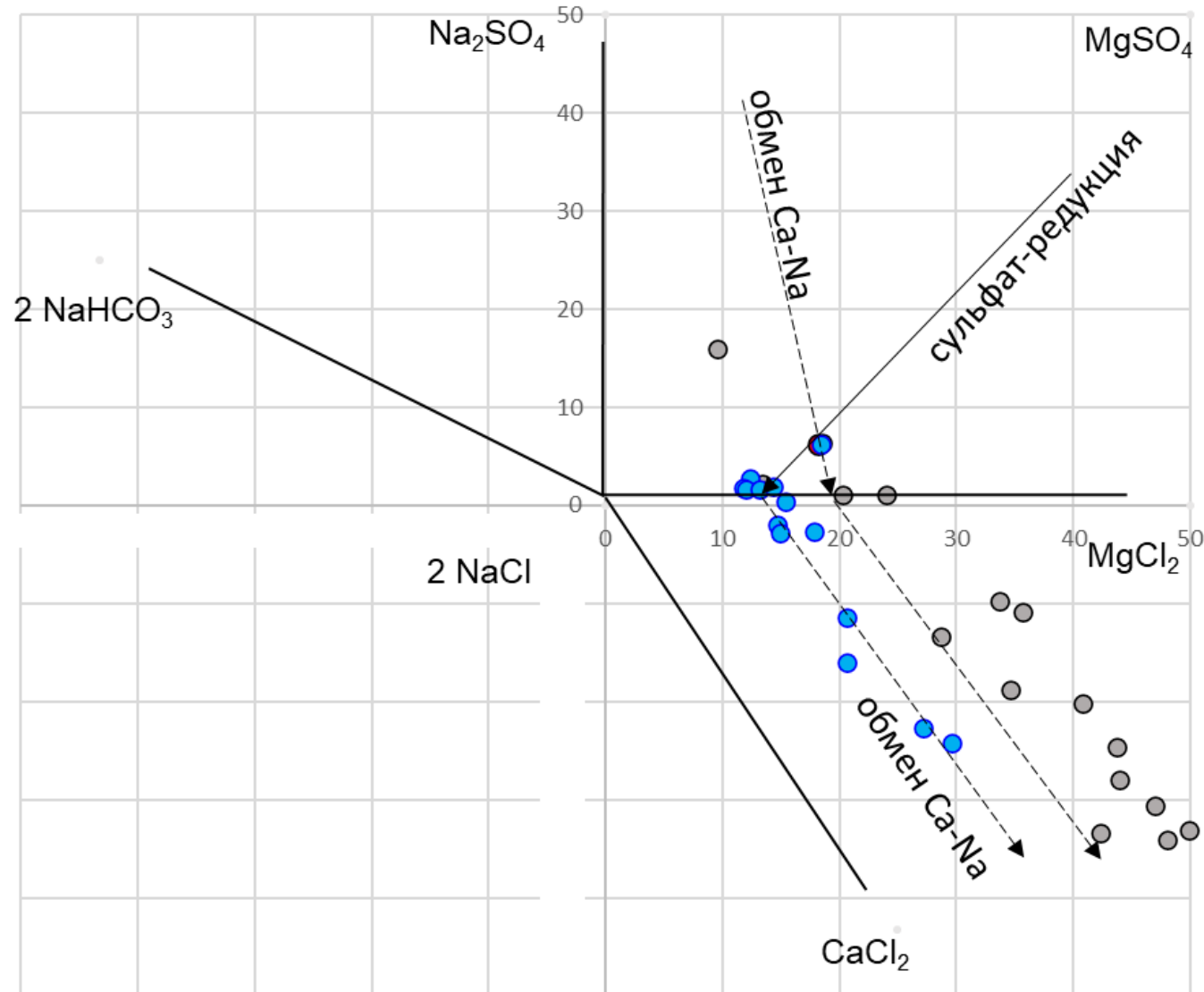


(задача № 9)

Следует отметить, что растворение карбонатов и гипса, вносящие главный вклад в солевой состав грунтовых вод в природе, на диаграмме не отражается.

«Сложные случаи»

Поровые воды Черного моря

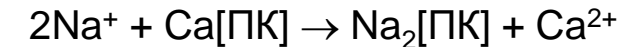


Хлор-кальциевые поровые воды плейстоценовых отложений Черного моря

Поровые воды опресненных новоэвксинских отложений Черного моря отличаются поровых вод молодых осадков океана – они относятся к хлоридному типу.

О.В.Шишкина (1982) пришла к заключению, что такой состав воды не унаследован от озерной стадии Черноморского бассейна, а является эпигенетическим – результатом проникновения соленой морской воды в пресноводные новоэвксинские отложения.

При этом между поровой водой и осадком начинается катионный обмен по схеме:

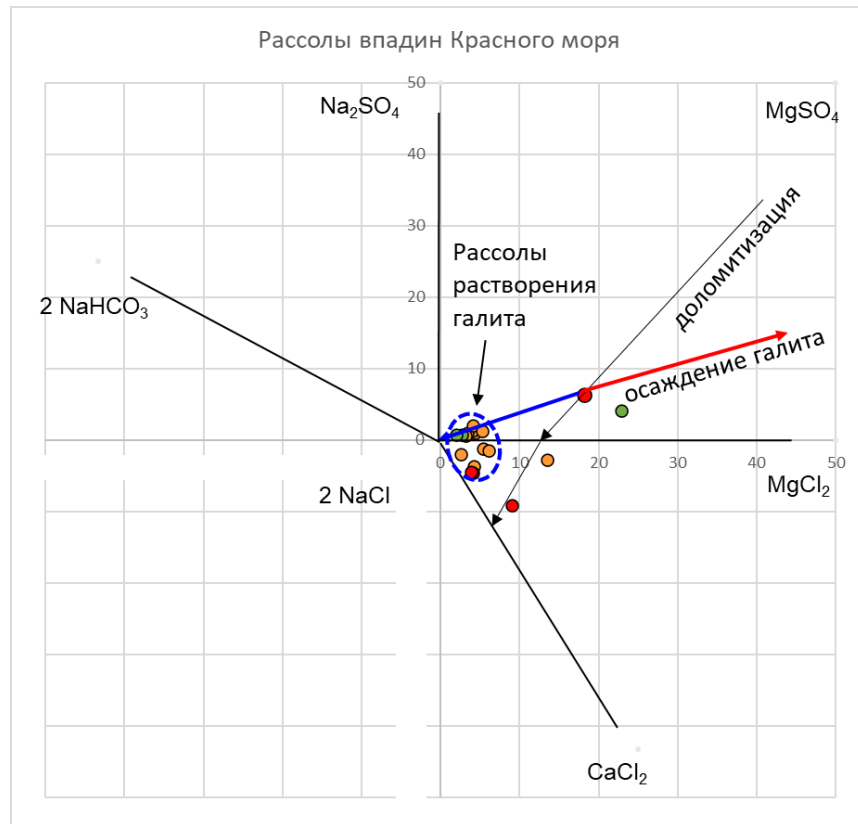


Данные глубоководного бурения (Manheim, Schug, 1974) показали, что весь разрез плейстоценовых осадков Черного моря содержит воды хлоридного типа.

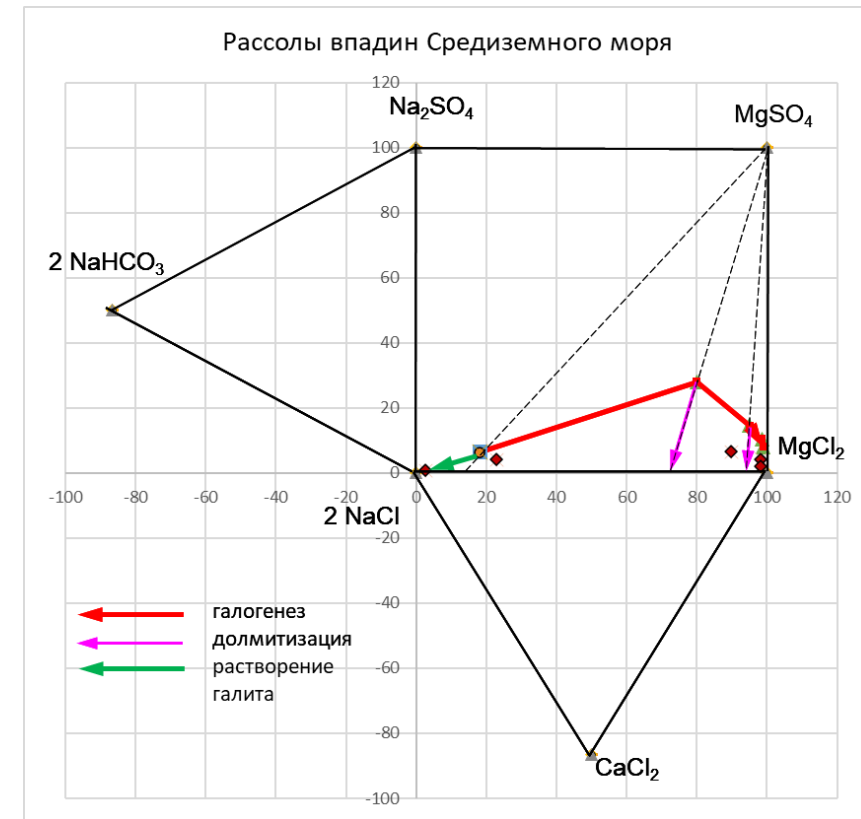
На диаграмме синими кружками показаны составы иловых вод (Шишкина, 1982), черными – поровые воды скв. 379 DSDP.

Лучами показаны теоретические траектории точек при сульфат-редукции и катионном обмене.

Рассолы впадин Красного и Средиземного морей

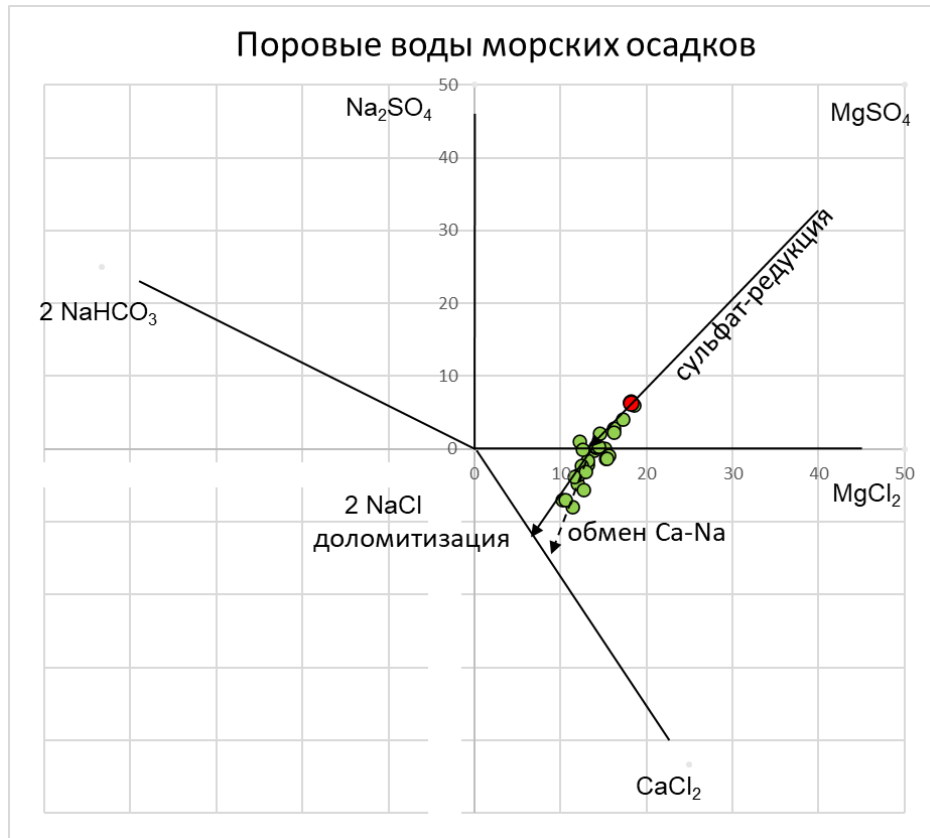


Рассолы впадин на дне Красного моря (Pierret et al., 2001). Красные точки – рассолы горячих металлоносных впадин, оранжевые – рассолы холодных впадин. Стрелками показаны теоретические пути изменения состава раствора при растворении галита и обменных реакциях.

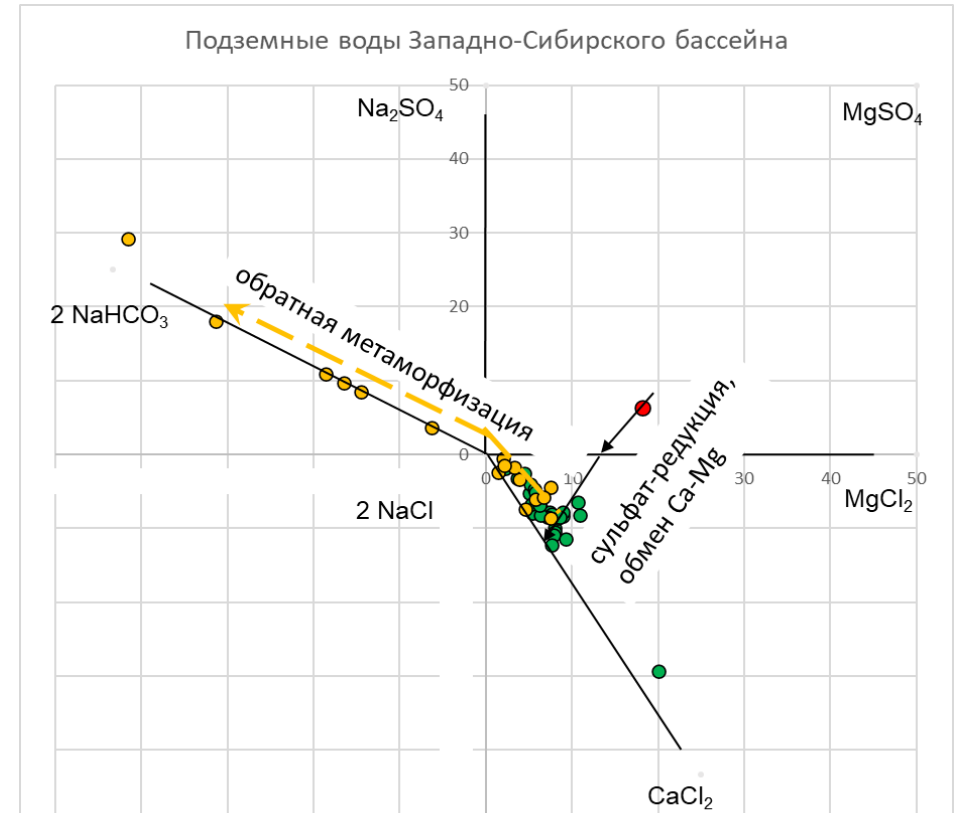


Рассолы некоторых впадин Средиземного моря близки по свойствам к холодным красноморским (рассолы выщелачивания галита). Магнезиальные рассолы впадин Гефестус, Криос, Дискавери – это метаморфизованная при долмитизации маточная рапа миоценового эвапоритового бассейна последних стадий газогенеза (эпсомитовой, сильвиновой).

Содовые воды краевых частей артезианских бассейнов

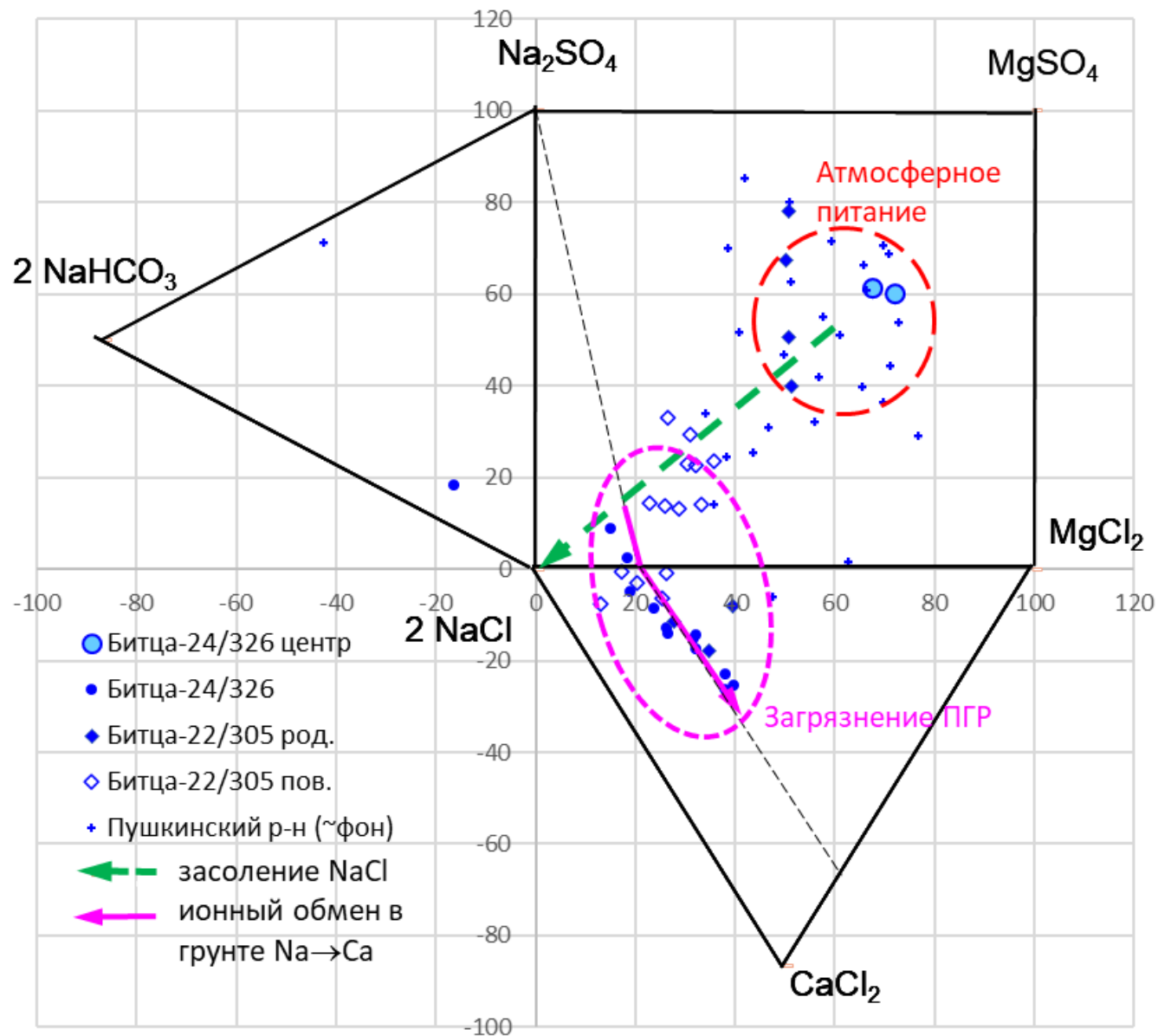


Данные глубоководного бурения показали, что поровые вод морских осадков после прохождения диагенеза и катагенеза приобретают хлоридный кальциево-натриевый бессоульфатный состав.



Хлоридные кальциево-натриевые соленые воды характерны для глубоких частей многих артезианских бассейнов, в т.ч. для Зап. Сибири. Анализы таких вод – зеленые точки на диаграмме (по данным Киреевой, 2011). В краевых частях бассейнов состав воды меняется (желтые точки – данные по Березовскому месторождению, зап. Сибирь; Новиков и др., 2009). Получающийся тренд (пример «обратной метаморфизации» по М.Г.Валяшко) соответствует добавлению соды (например, за счет гидролиза алюмосиликатов и интенсификации катионного обмена Ca → Na при распреснении воды в пластах (по Е.В.Посохову, 1969).

Загрязнение противогололедными реагентами

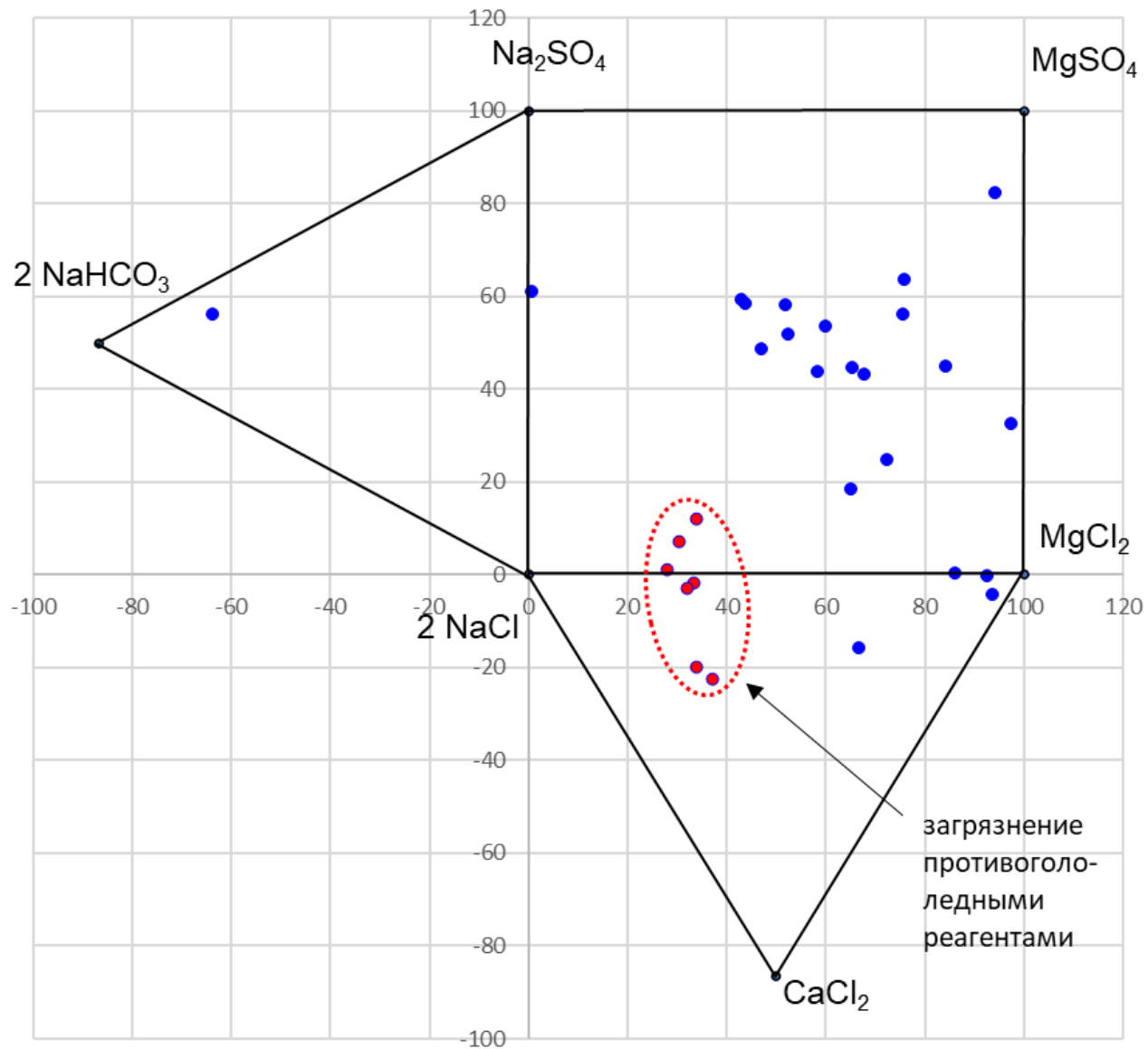


Выявление загрязнения водотоков урбанизированной территории на диаграмме М.Г.Валяшко (Битцевский лес, данные практик 305 группы, лето 2022 г., 326 группы, лето 2024 г.).

Загрязнение формируется в два этапа:
а) загрязнение поверхностных вод NaCl;
б) частичный обмен Na на Ca из поглощенного комплекса почв и грунтов.

В результате возникают хлор-кальциевые воды, не типичные для поверхностных вод.

Родники Москвы (Савенко и др., 2020)



Принадлежность к хлоридному типу вод и положение на диаграмме Валяшко могут служить индикатором антропогенного солевого загрязнения.

На диаграмме приведены данные по родникам г. Москвы, полученные в работе А.В.Савенко с соавт. (2020).

