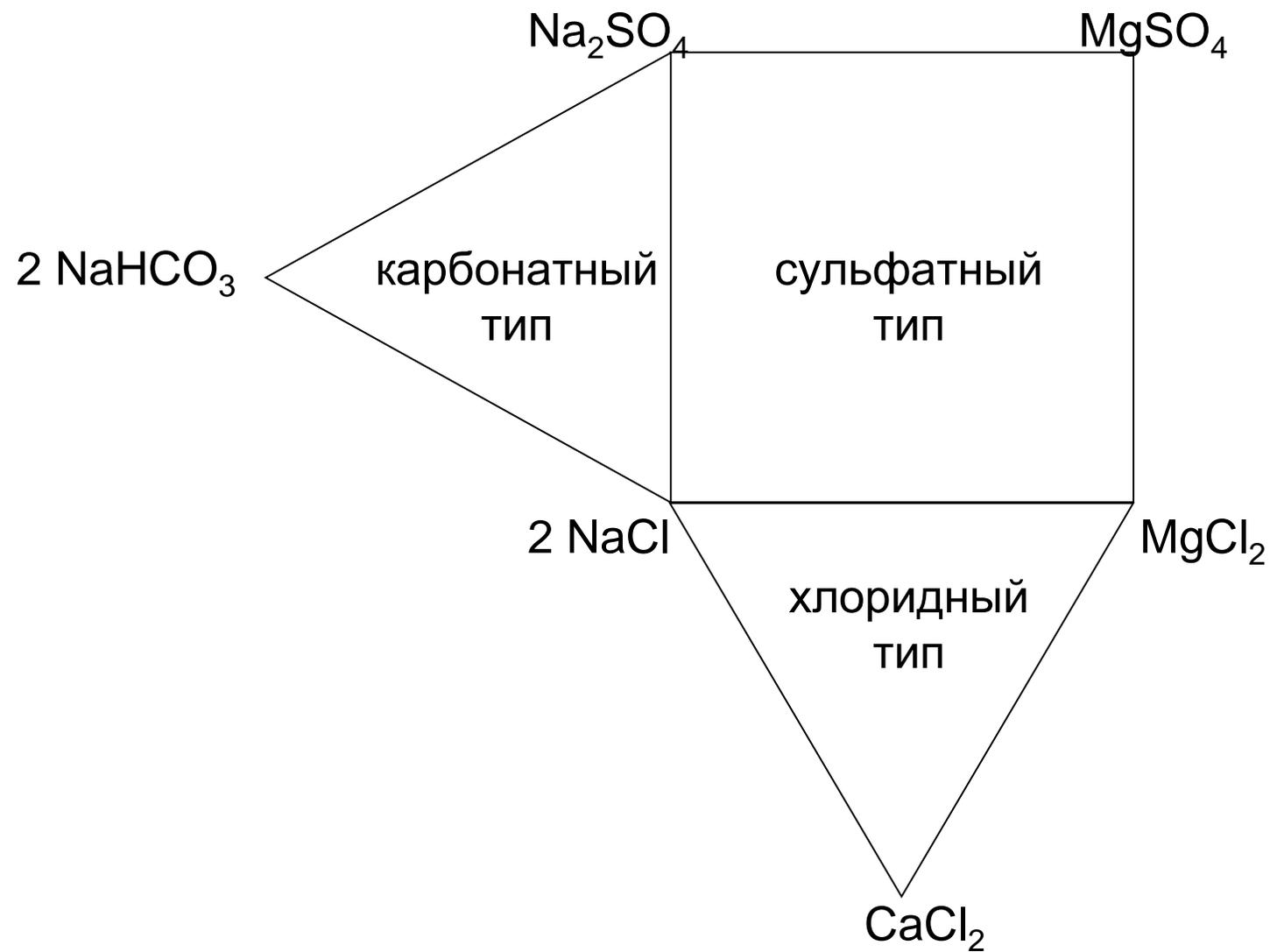


# Тема 20. Использование диаграммы М.Г.Валяшко для интерпретации гидрогеохимических данных



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  $\text{HCO}_3 \geq \text{Ca}$

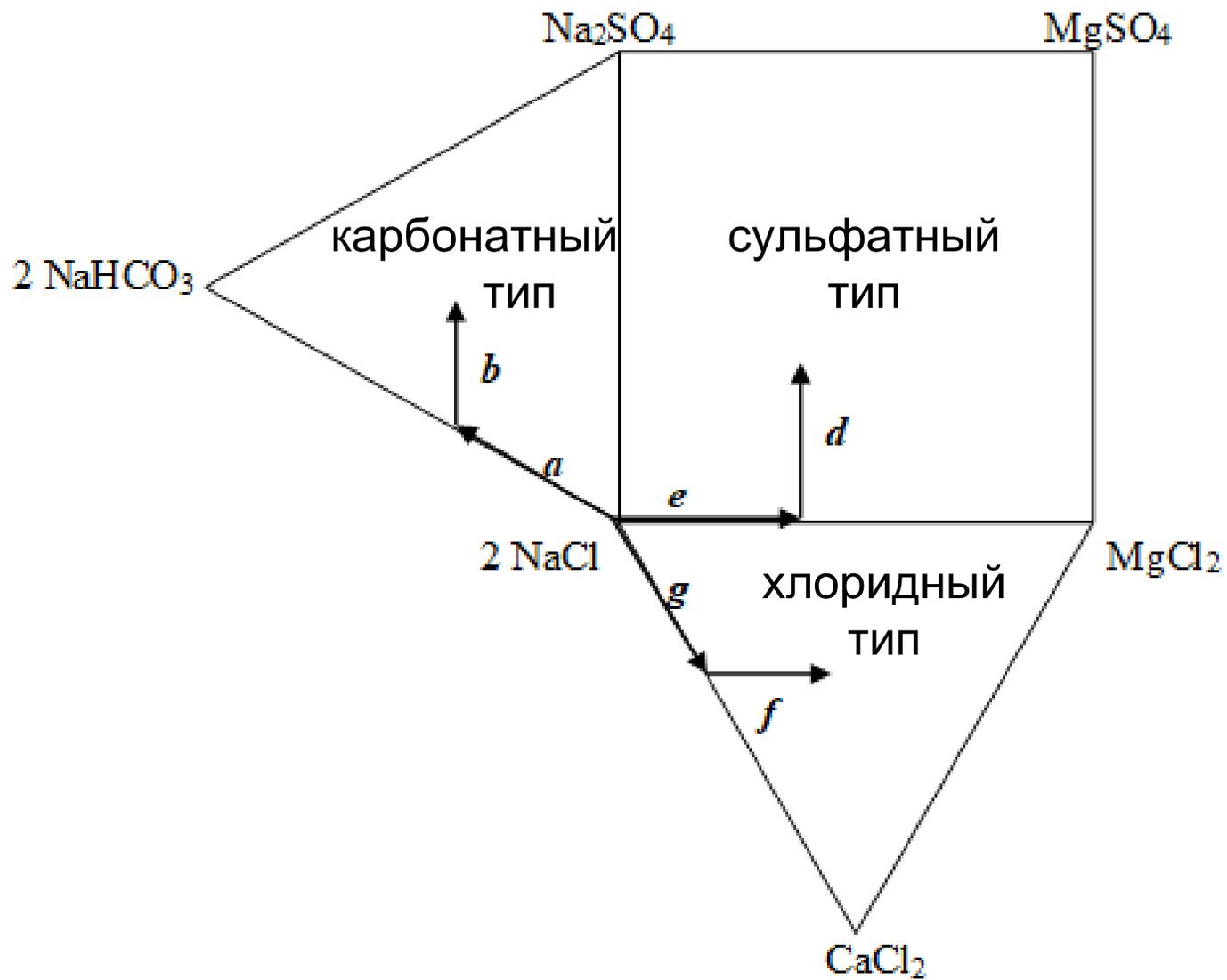
$$d = \frac{\text{SO}_4}{\text{SO}_4 + \text{Cl}} \cdot 100\%$$

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

2) если  $\text{HCO}_3 < \text{Ca}$

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

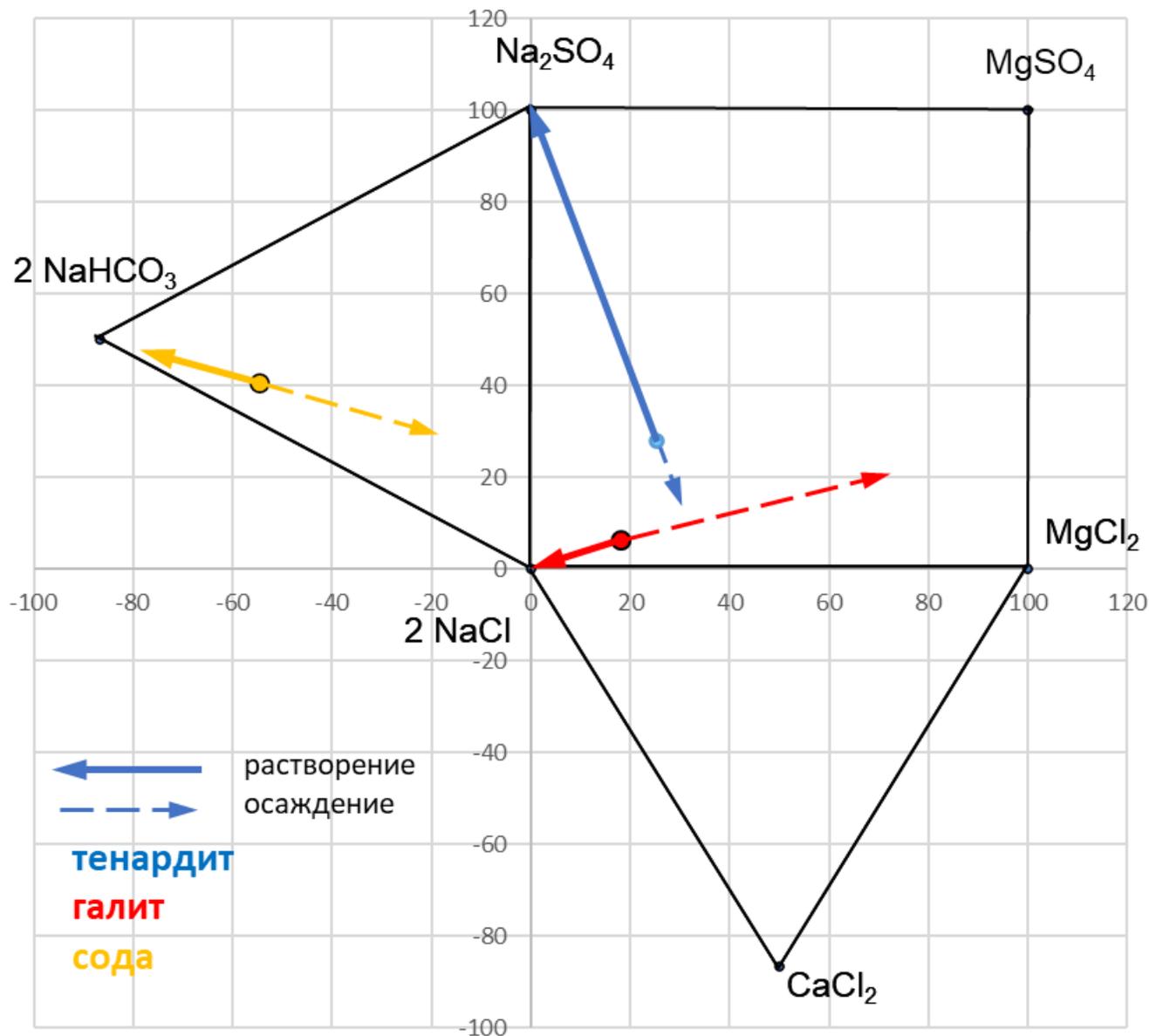
$$e = \frac{\text{Mg}}{\text{Na} + \text{Mg}} \cdot 100\%$$



Как откладывать координаты на диаграмме Валяшко.

# Решение прямых задач (численный эксперимент)

## Растворение/осаждение солей



Расчет траекторий точек воды при растворении солей – тенардита  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , галита  $\text{NaCl}$  и соды  $\text{NaHCO}_3$

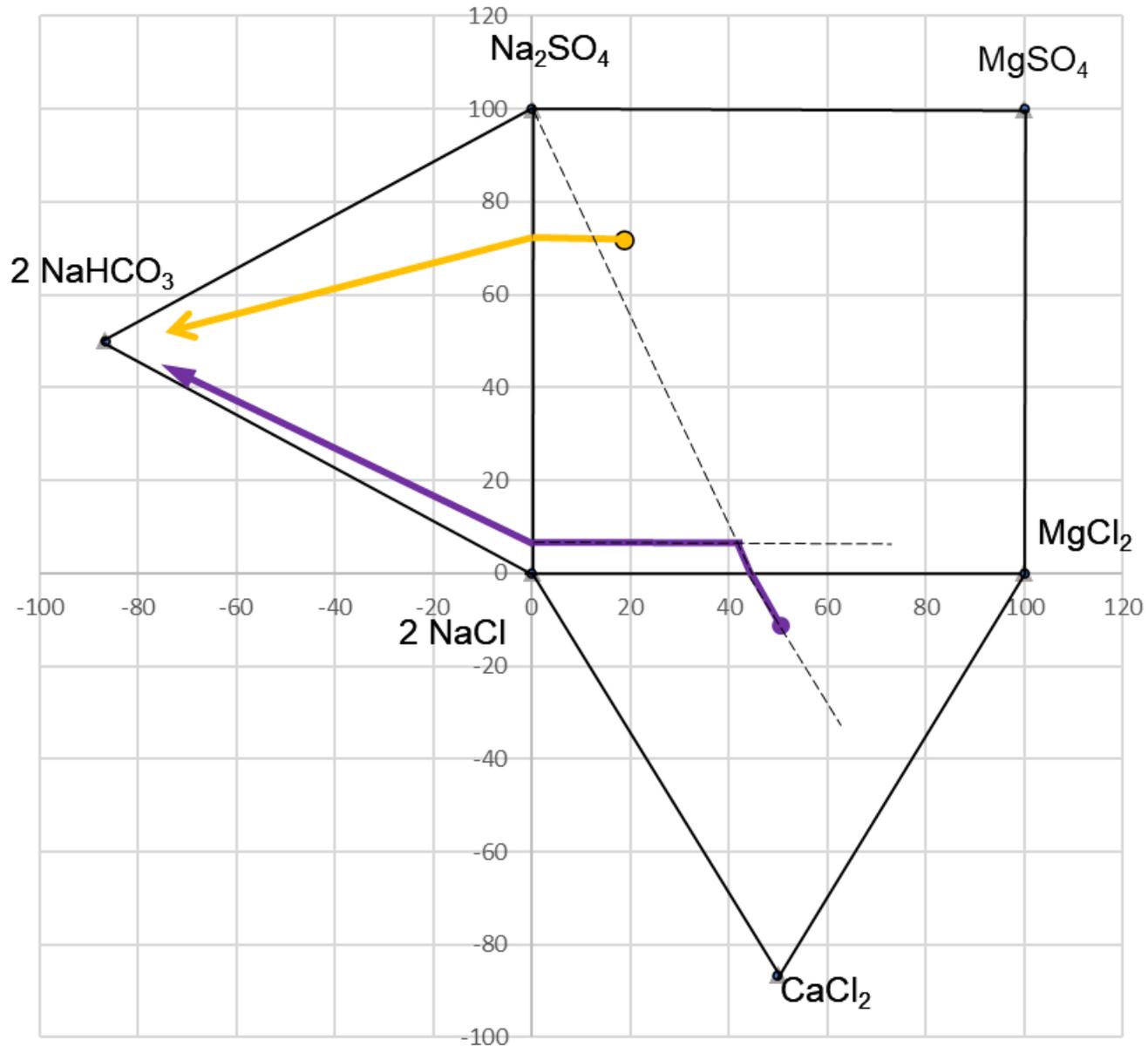
Исходные точки:

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

Задачи № 3, 7.

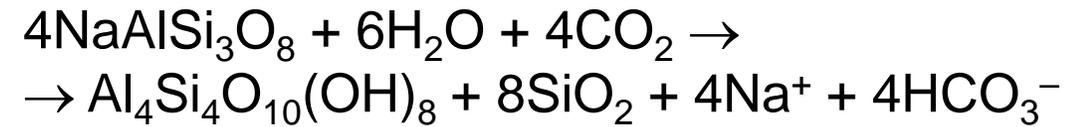
Растворение или осаждение  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  не приводят к смешению точек (задачи № 4 и 5).

## Растворение соды



## Расчет траекторий точек воды при растворении соды $\text{NaHCO}_3$

Сода образуется при гидролизе алюмосиликатов и избытке  $\text{CO}_2$  по реакциям типа:



Исходные точки и реакционные соотношения:

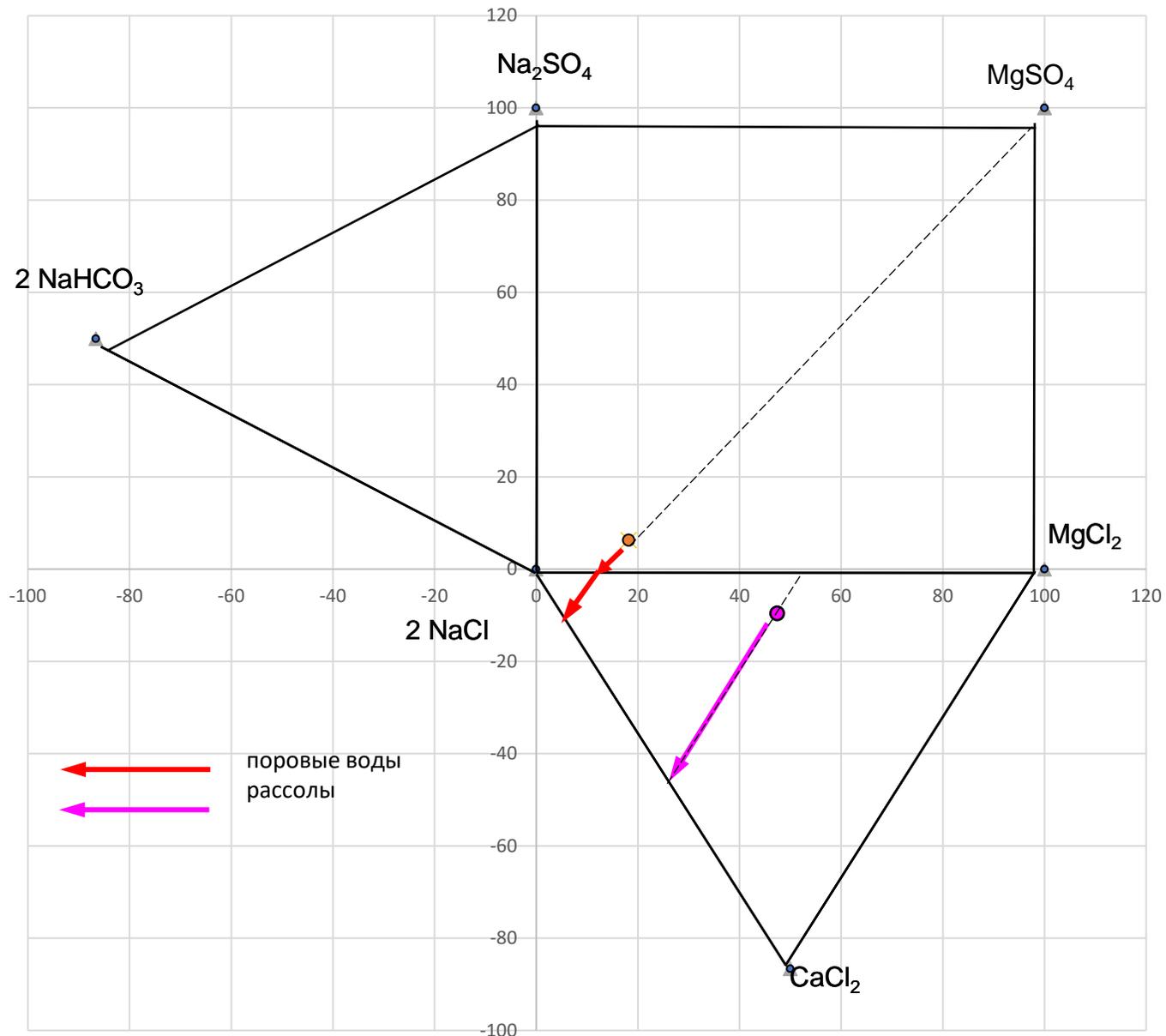
Вода оз. Гурон (желтая)



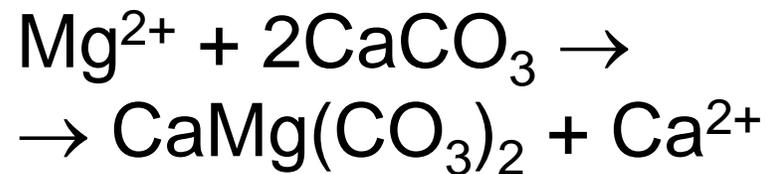
Вода Мертвого моря (фиолетовая)



### Доломитизация



Расчет траекторий точек воды при доломитизации кальцита:

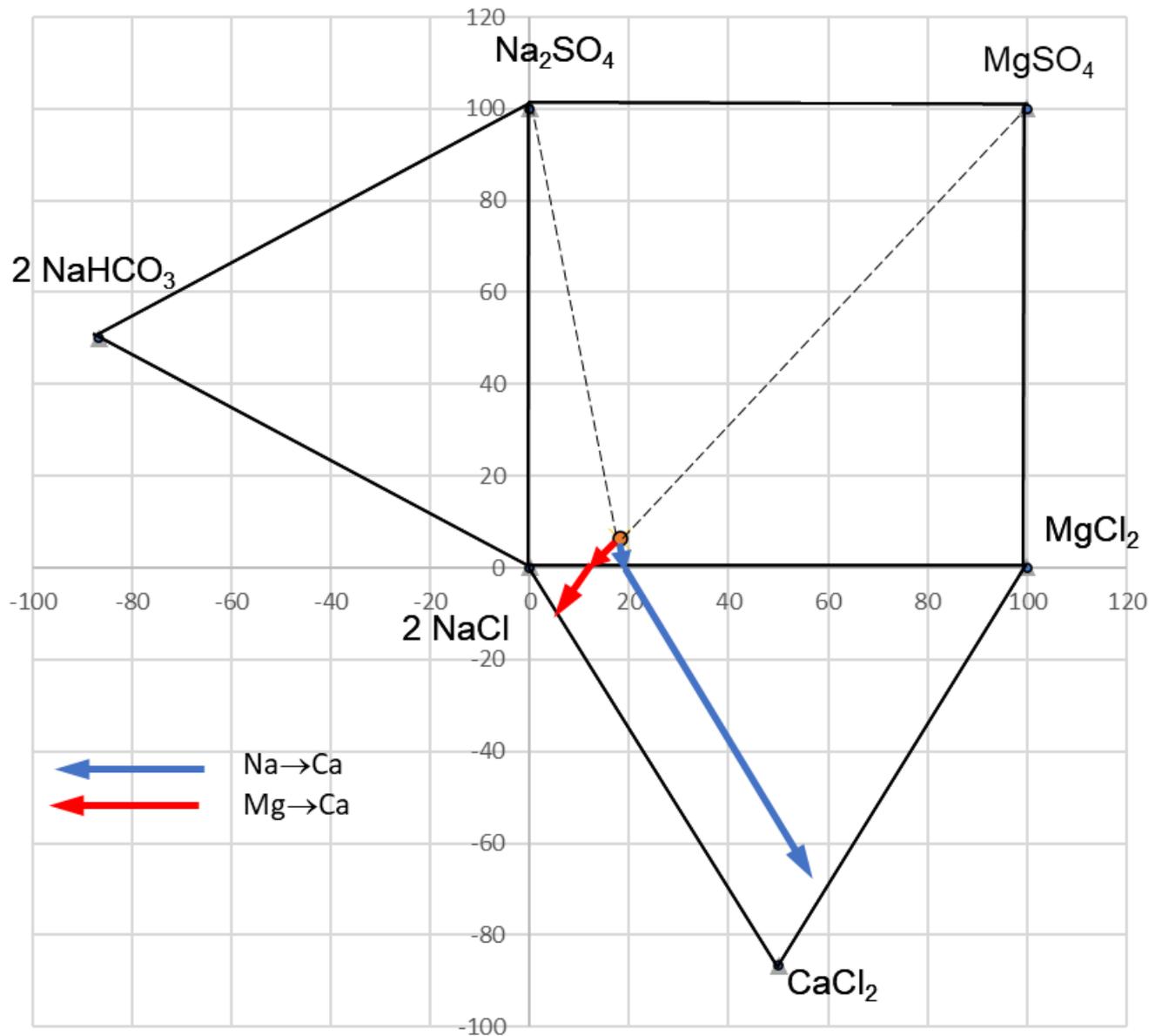


Исходные точки:

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

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

### Ионный обмен



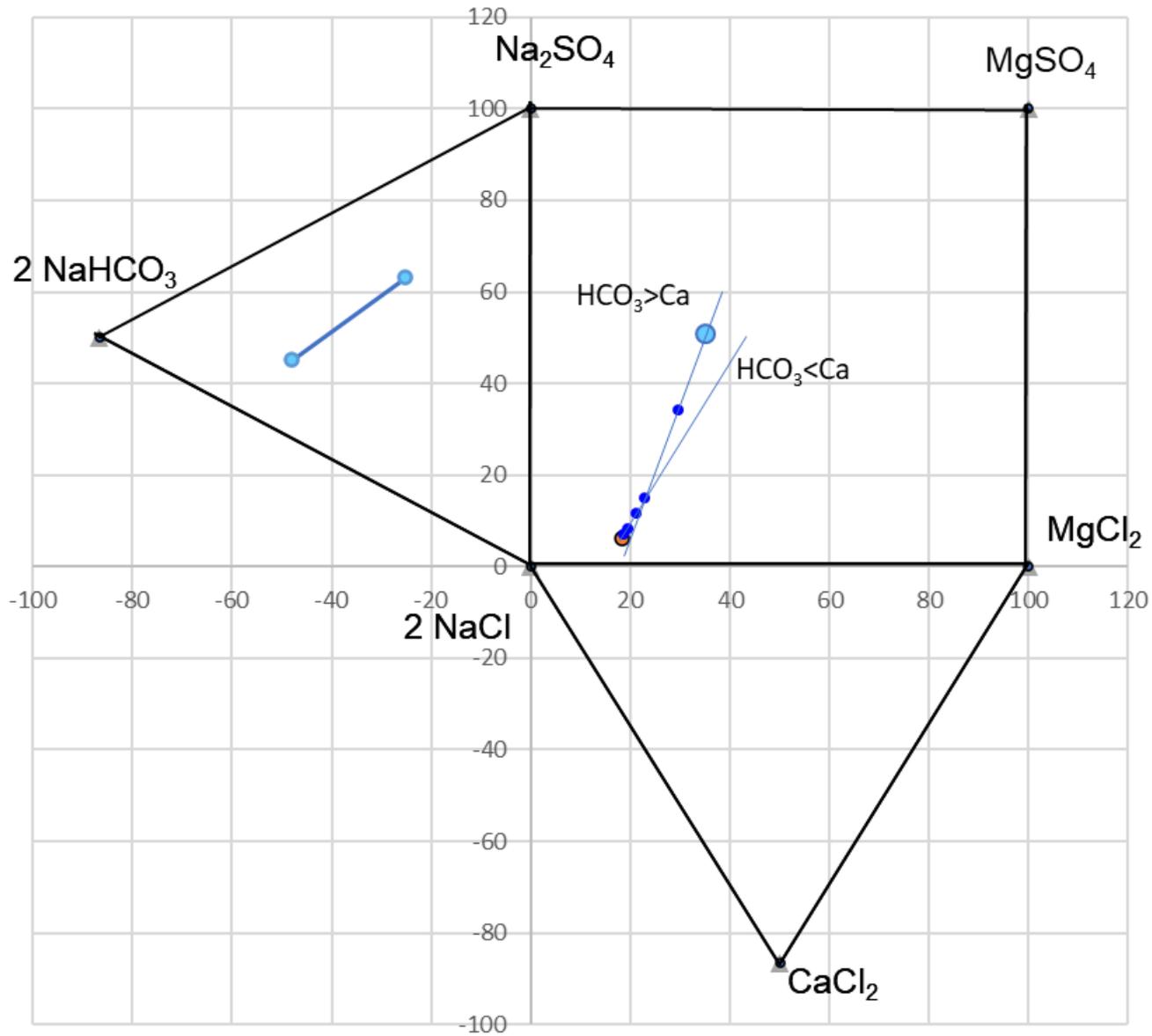
Расчет траекторий точек воды при ионном обмене: поглощаются Na и Mg, а Ca переходит в раствор.

Исходная точка – морская вода

Задача № 2



## Смешение



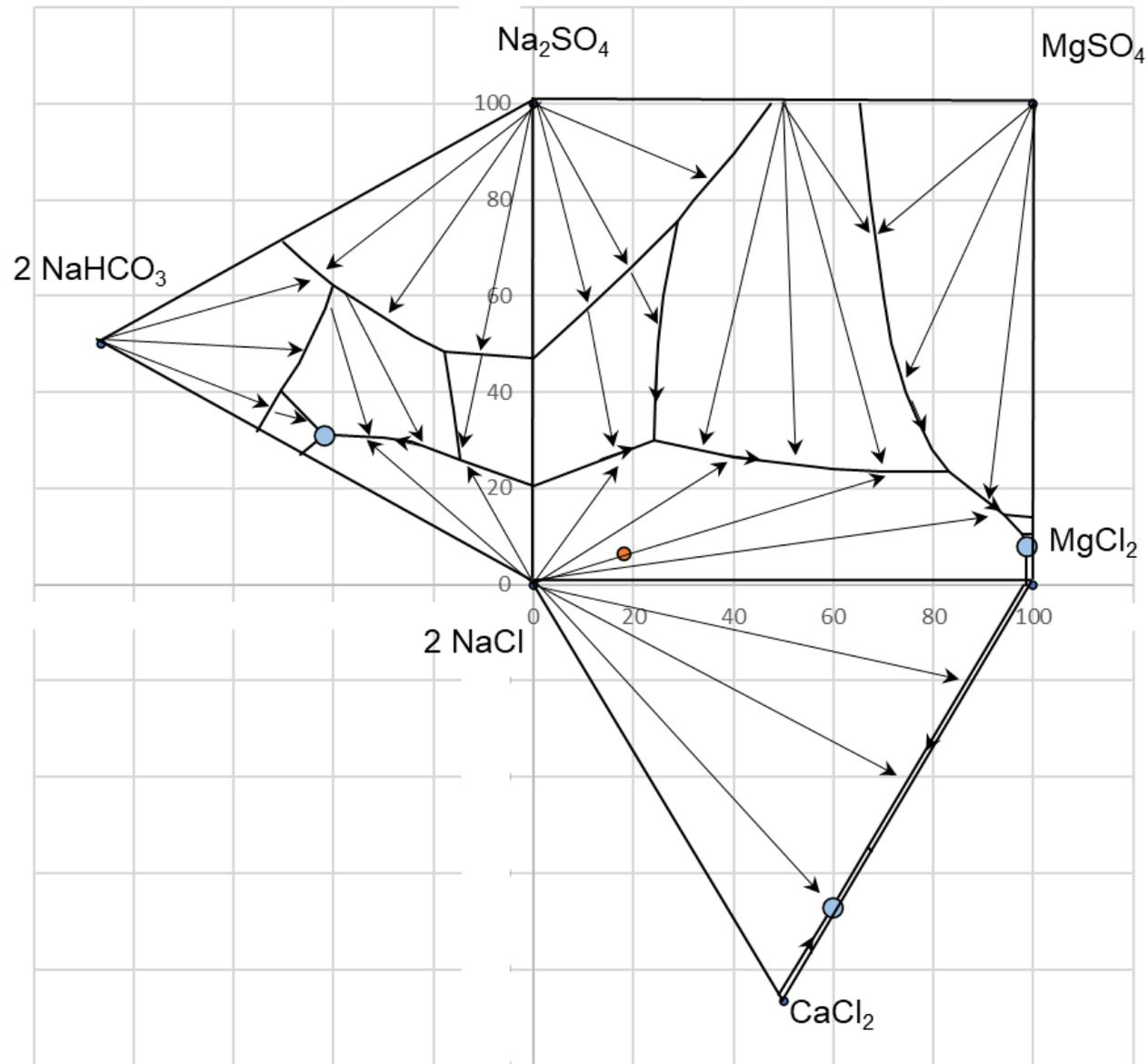
## Расчет траекторий точек при смешении воды разного состава.

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

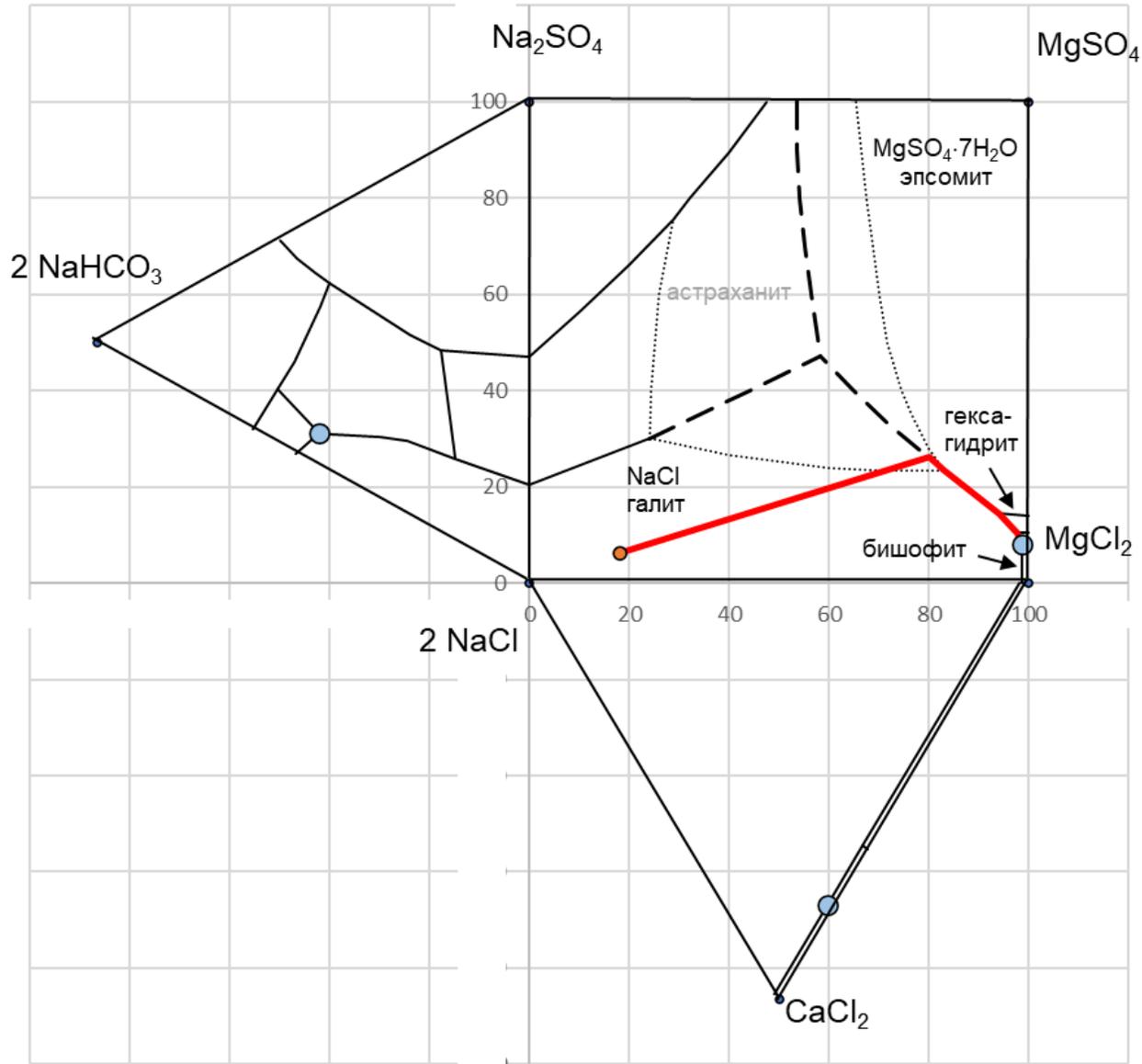
### Пути кристаллизации солей



Поля кристаллизации солей и траектории точек при их отложении – равновесная диаграмма при  $25^\circ\text{C}$ .

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

"Солнечная" диаграмма

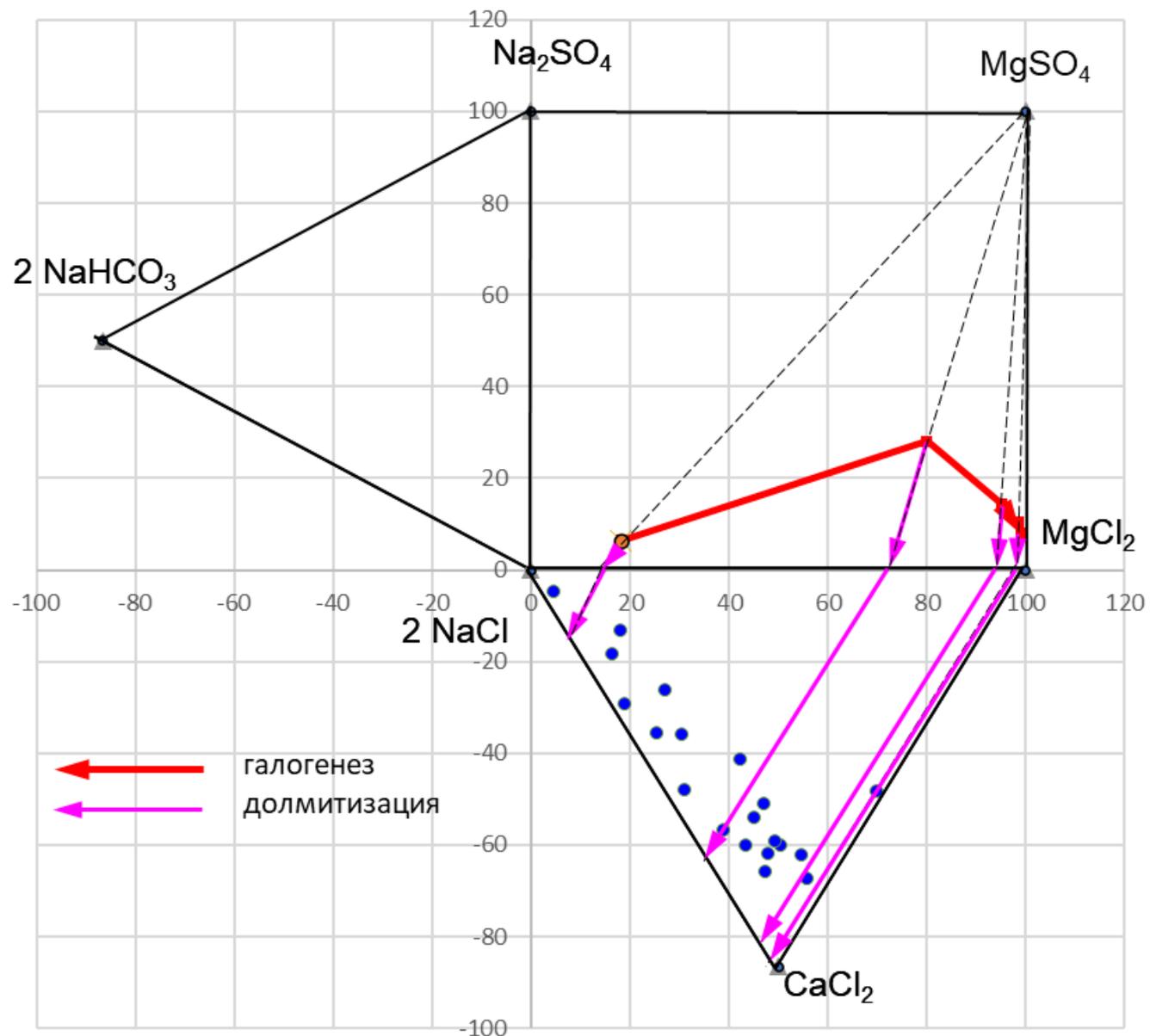


«Солнечная» диаграмма  
Н.С.Курнакова и путь  
испарения морской воды  
(25°C).

Стадии галогенеза:

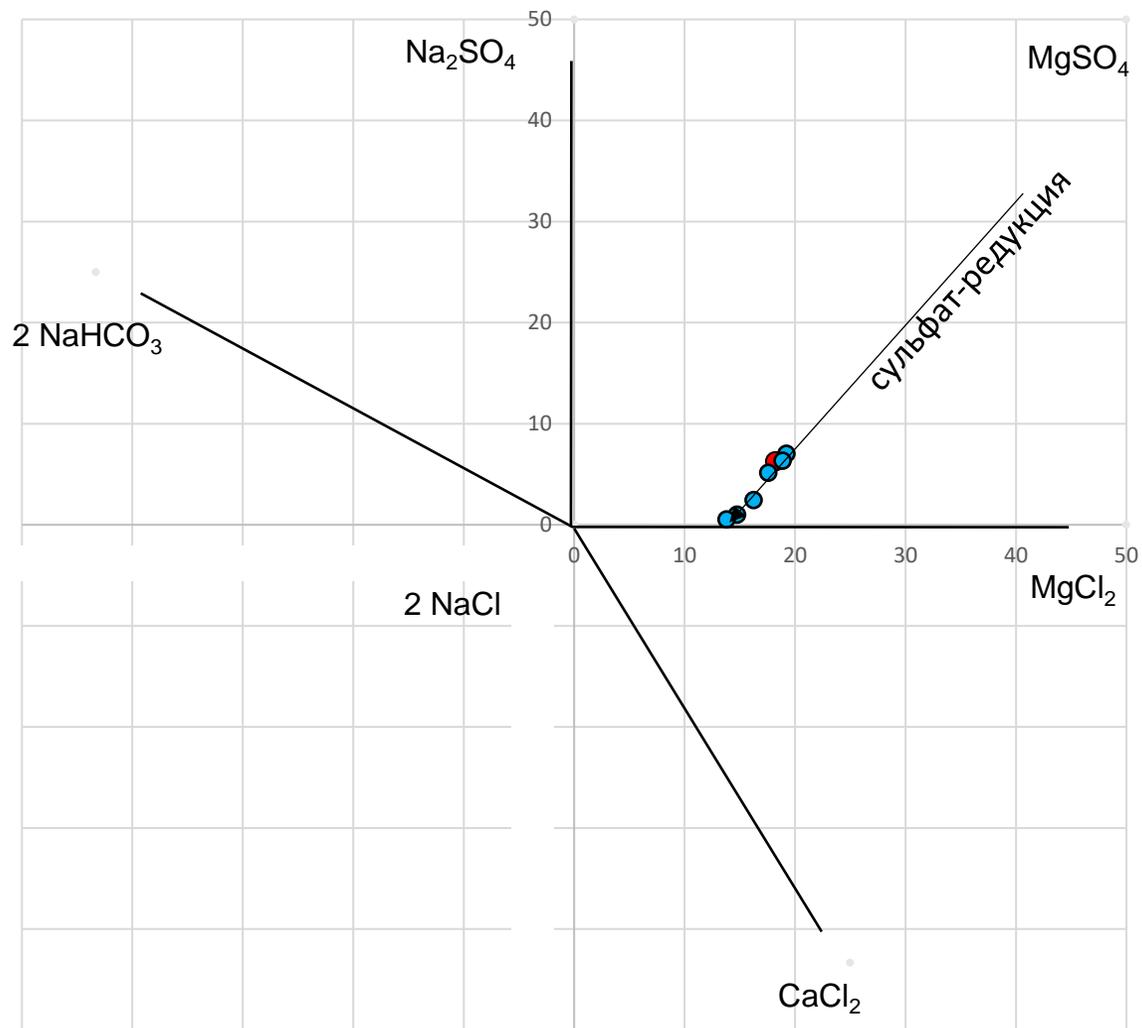
- гипсовая
- галитовая
- магниальная (эпсомит, гексагидрит)
- сильвинитовая
- карналлитовая
- бишофитовая.

### 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)



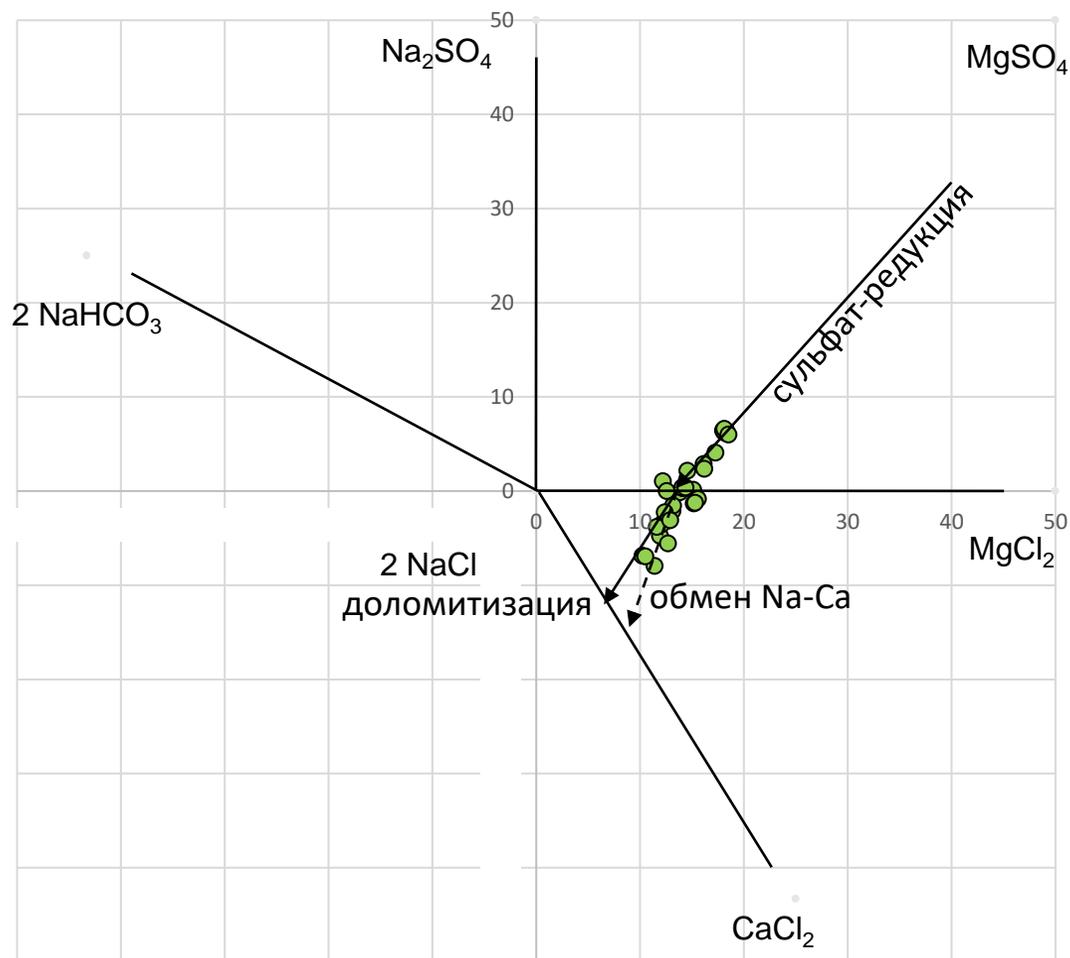
## Изменение поровых вод морских осадков при диагенезе

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

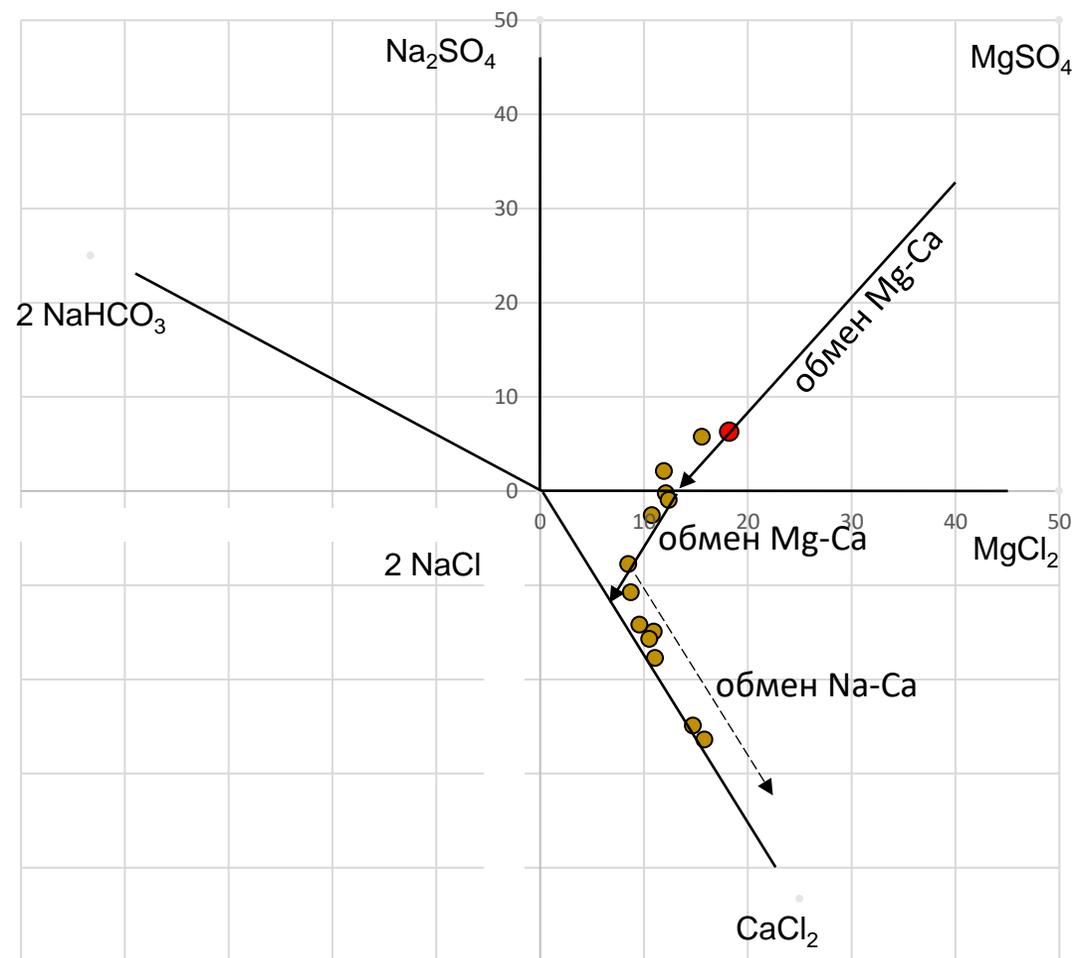
Стрелкой показан теоретический путь изменения раствора при сульфат-редукции.

# Изменение поровых вод морских отложений при катагенезе

Карбонатно-терригенные породы

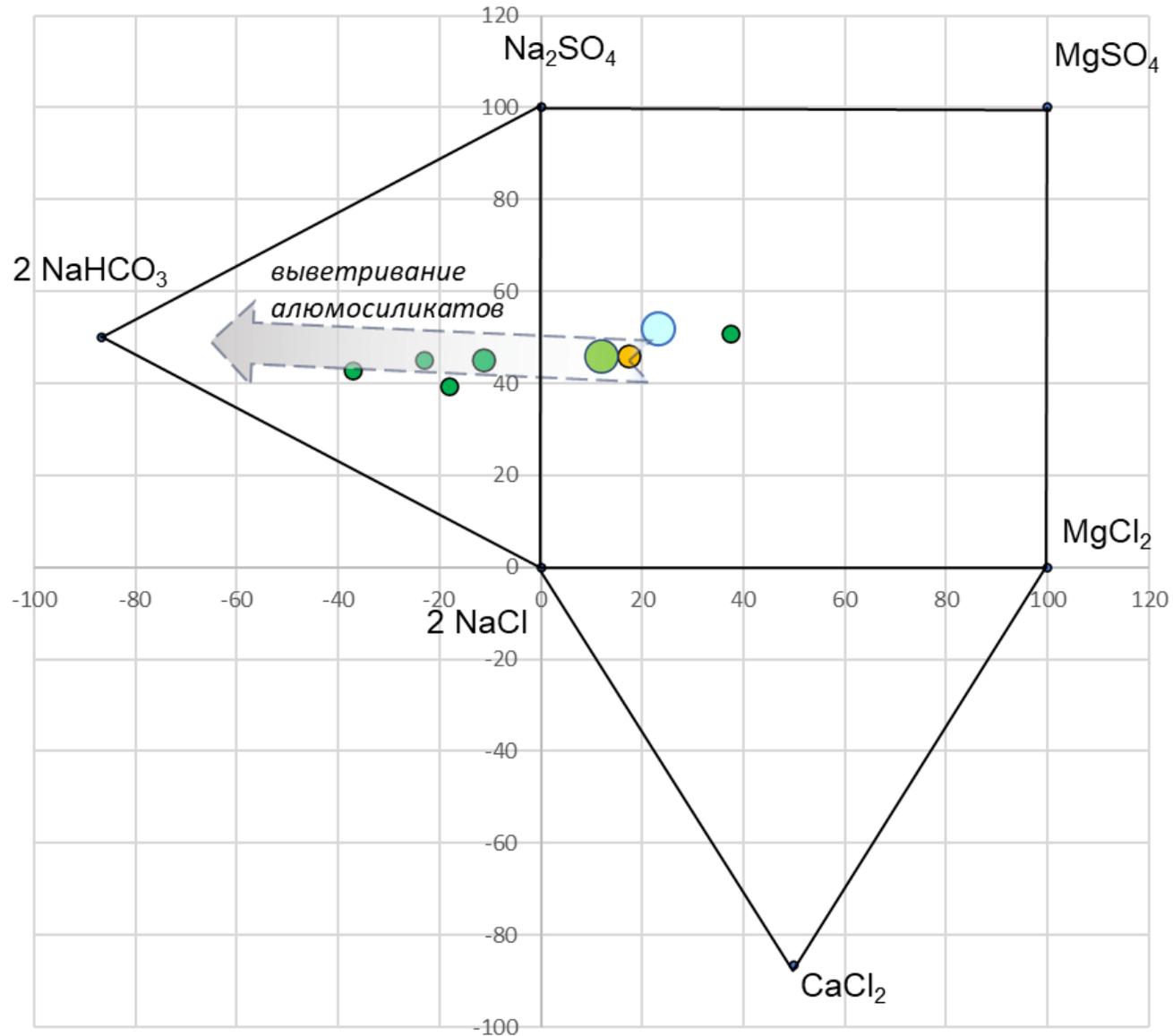


Вулканогенные породы



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.

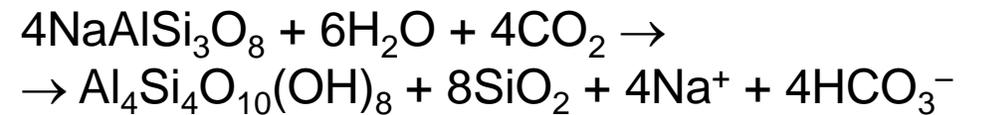
## Воды зоны гипергенеза



## 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:

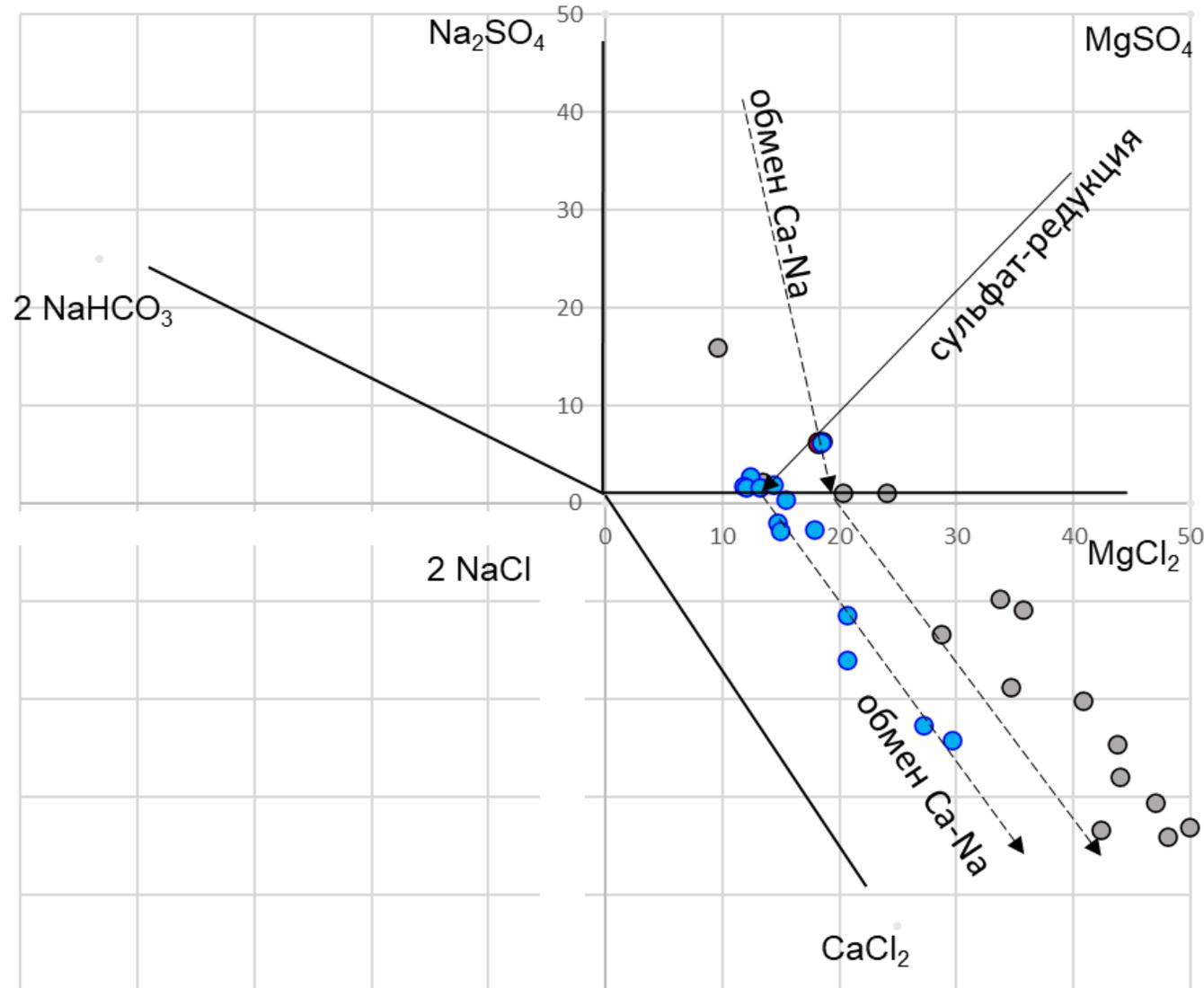


(задача № 9)

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

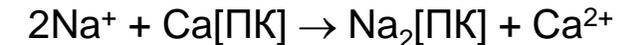


# Хлор-кальциевые поровые воды плейстоценовых отложений Черного моря

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:

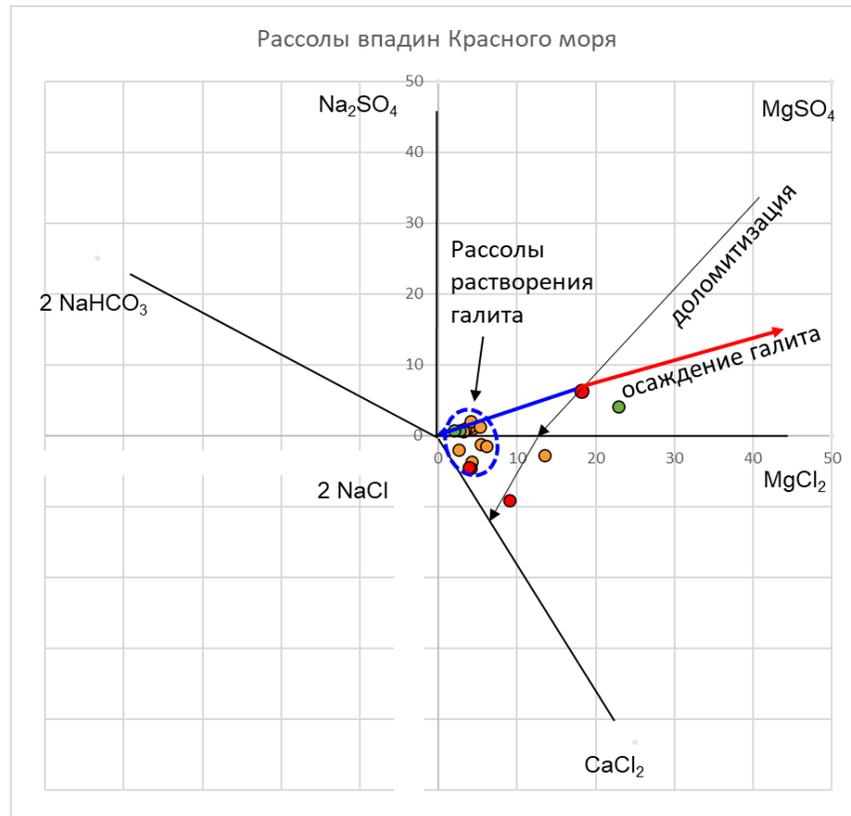


Данные глубоководного бурения (Manheim, Schug, 1974) показали, что весь разрез плейстоценовых осадков Черного моря содержит воды хлоридного типа.

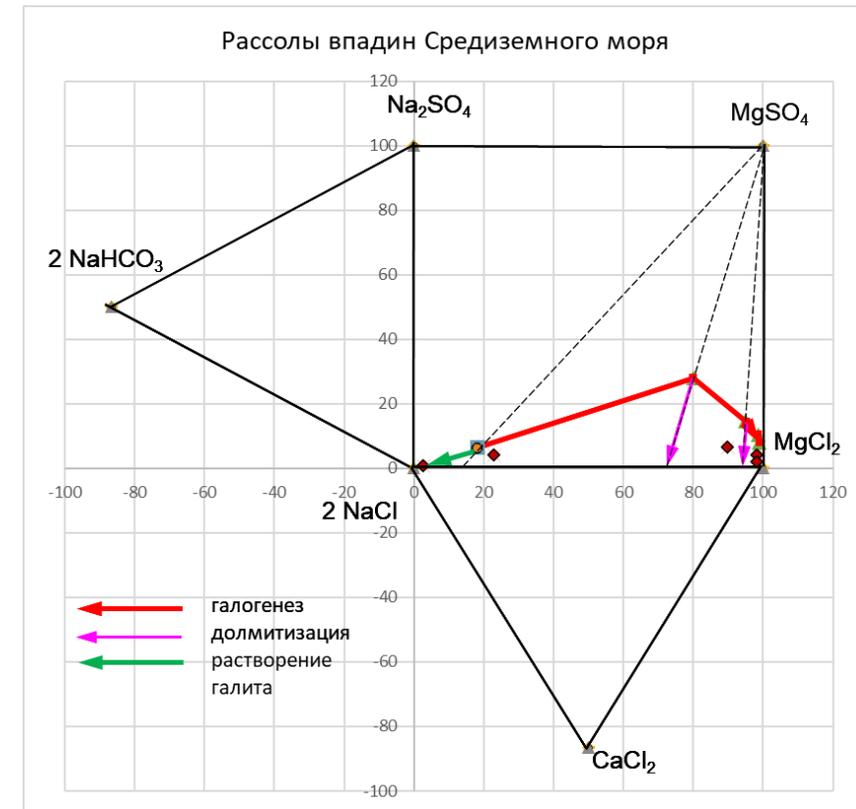
На диаграмме синими кружками показаны составы иловых вод (Шишкина, 1982), черными – поровые воды скв. 379 DSDP.

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

# Рассолы впадин Красного и Средиземного морей

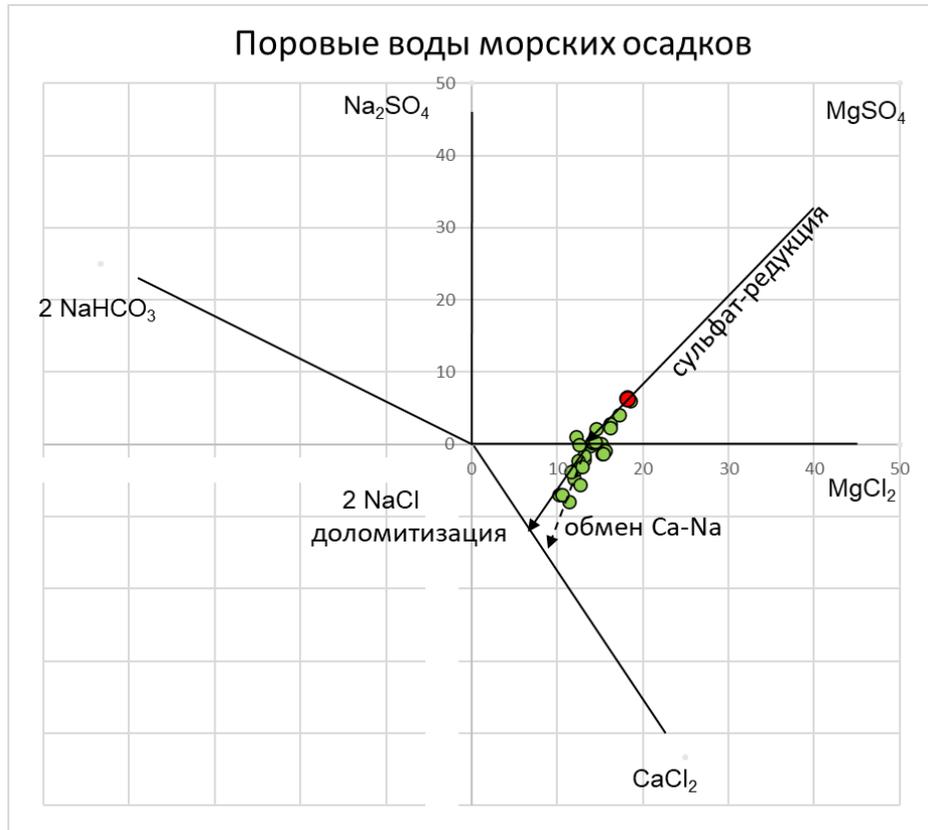


Рассолы впадин на дне Красного моря (Pierret et al., 2001). Красные точки – рассолы горячих металлоносных впадин, оранжевые – рассолы холодных впадин. Стрелками показаны теоретические пути изменения состава раствора при растворении галита и обменных реакциях.

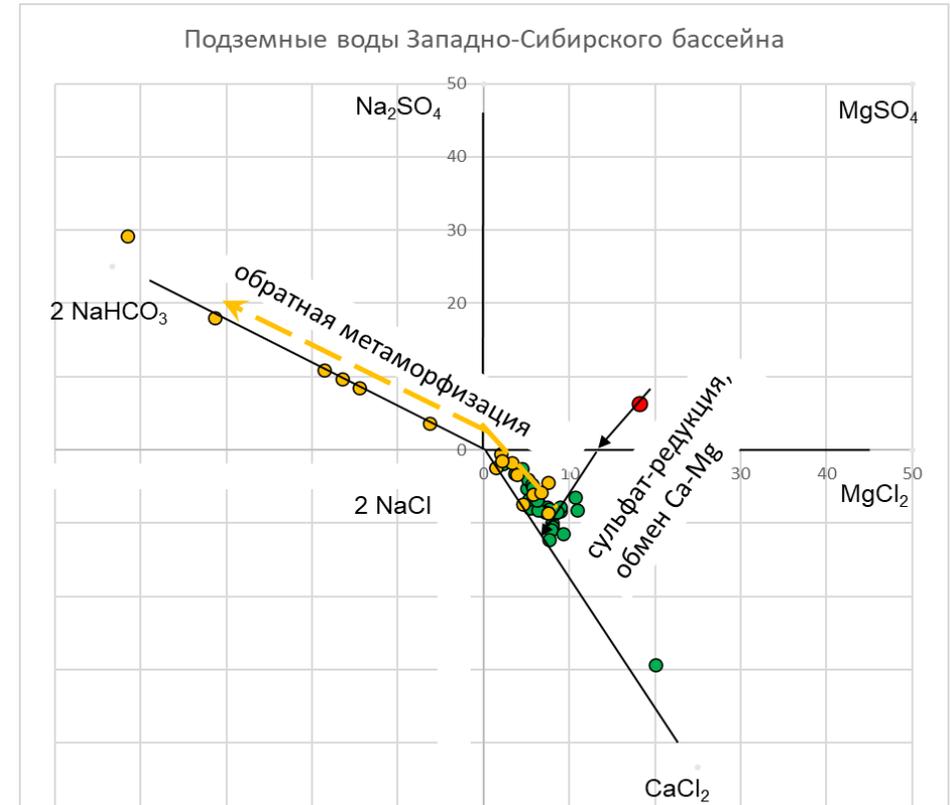


Рассолы некоторых впадин Средиземного моря близки по свойствам к холодным красноморским (рассолы выщелачивания галита). Магнезиальные рассолы впадин Гефестус, Криос, Дискавери – это метаморфизованная при долмитизации маточная рапа миоценового эвапоритового бассейна последних стадий газогенеза (эпсомитовой,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

# Содовые воды краевых частей артезианских бассейнов

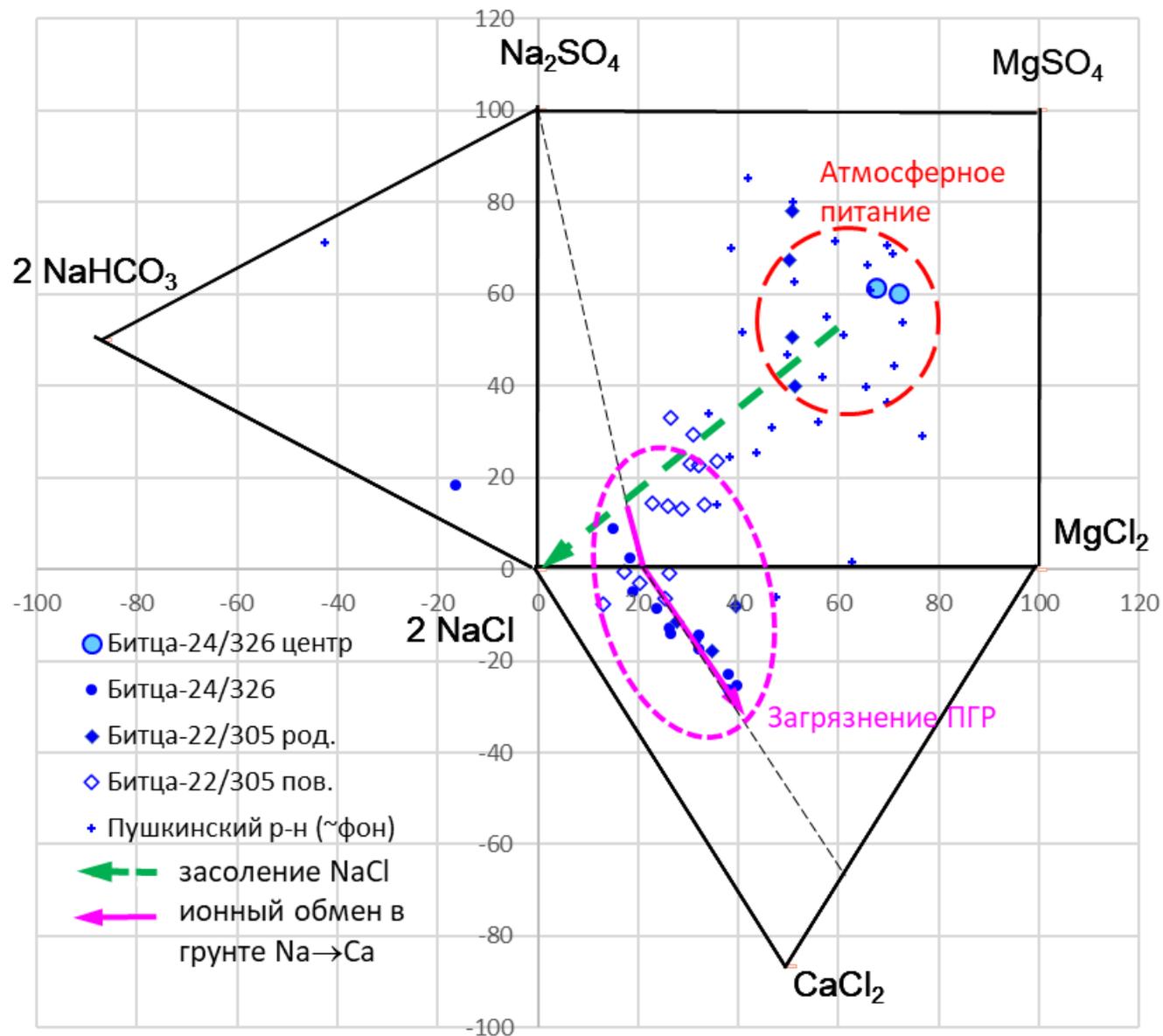


Данные глубоководного бурения показали, что поровые вод морских осадков после прохождения диагенеза и катагенеза приобретают хлоридный кальциево-натриевый бессульфатный состав.



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

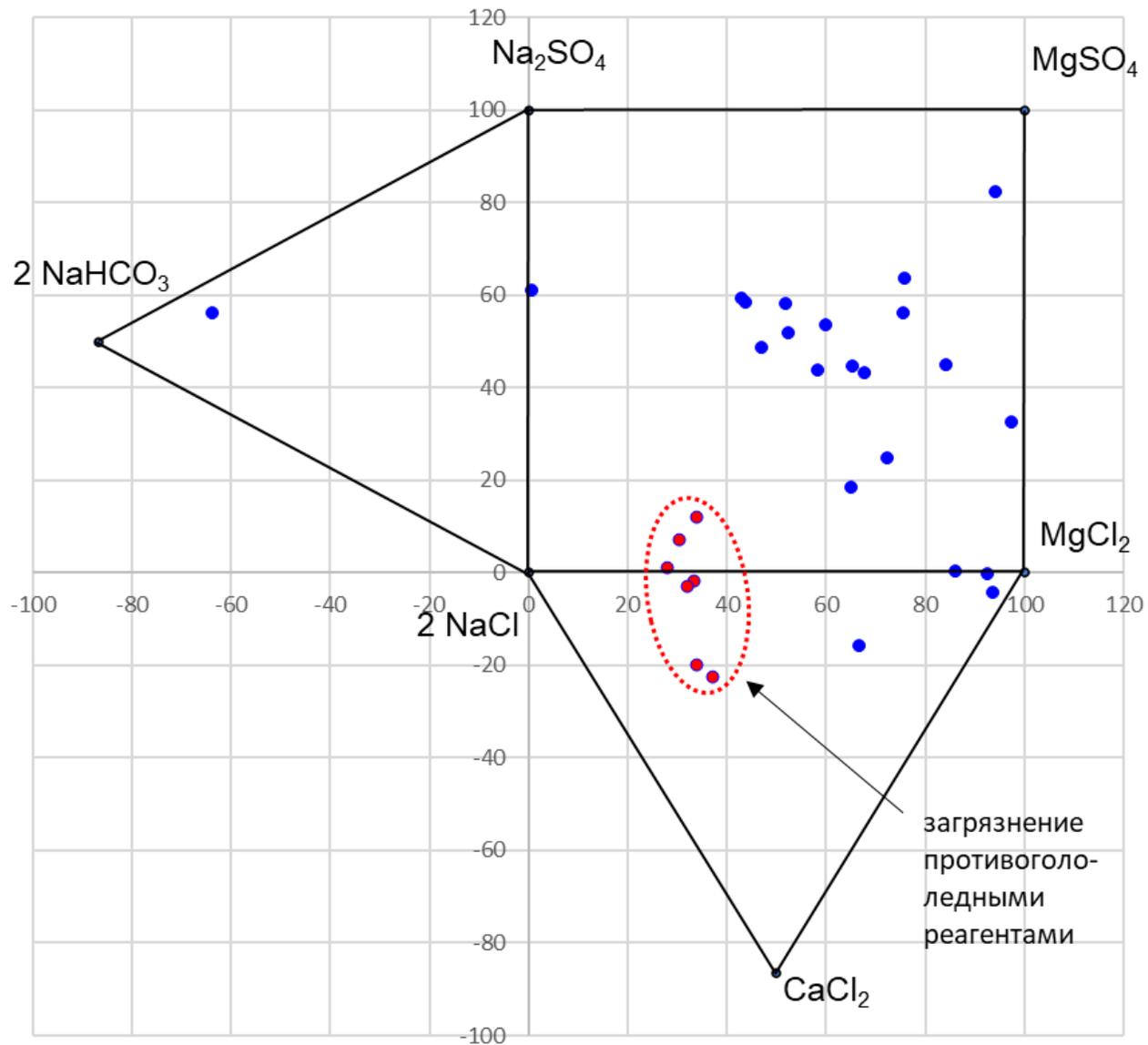


Выявление загрязнения водотоков урбанизированной территории на диаграмме М.Г.Валяшко (Битцевский лес, данные практик 305 группы, лето 2022 г., 326 группы, лето 2024 г.).

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).

