

20. Чекин С.С. Образуются ли калиевые диоктаэдрические слюды в процессе выветривания полевых шпатов // Литология и полезные ископаемые. – 1986. – № 5. – С. 134-137.
21. Градусов Б.П. Минералы со смешанослойной структурой в почвах. – М., 1976. – 128 с.
22. Дриц В.А., Сахаров Б.А. Рентгеноструктурный анализ смешанослойных минералов. – М., 1976. – 256 с.
23. Котельников Д.Д., Солодкова Н.А. Роль ди- и триоктаэдрических глинистых минералов в осадочных образованиях // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1993. – № 2. – С. 54-63.
24. Котельников Д.Д., Кирсанов В.В. Зависимость аградации 2:1 глинистых минералов от природы исходного материала и глубины погружения вендских отложений Московской синеклизы // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1976. – № 3. – С. 74-80.
25. Котельников Д.Д., Работнов В.Т., Солодкова Н.А. и др. Структурные и генетические особенности глинистых минералов в фундаменте и базальных слоях докембрия юга Сибирской платформы // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1990. – № 2. – С. 56-66.
26. Котельников Д.Д., Солодкова Н.А., Домбровская Ж.В. Особенности глинистых минералов в поверхностных и погребенных корах выветривания юга Сибирской платформы // Докл. РАН. – 1993. – Т. 331. № 2. – С. 209-213.
27. Саркисян С.Г., Котельников Д.Д. Глинистые минералы и проблемы нефтегазовой геологии. – М., 1971. – 183 с.
28. Sarkisyan S.J., Kotelnikov D.D. Genesis and thermodynamic stability of dioctahedral and trioctahedral mixed-layer minerals in sedimentary rocks // Preprints. International clay conference. Madrid, June 25-30. – 1972. – P. 281-289.
29. Ивкин Н.М., Китайгородский Н.С., Котельников Д.Д., Королев Ю.М. Аналог аллевардита (из Дагестана) // Зап. Всес. минерал. о-ва. – 1959. – Ч. 88. – Вып. 5. – С. 554-563.
30. Солотчина Э.П., Каменева М.Ю., Василевский А.Н. и др. Структурное моделирование сложных дифракционных профилей иллит/смектитов из осадочных терригенных пород Западно-Сибирской плиты // Докл. РАН. – 2000. – Т. 370, № 4. – С. 502-506.
31. Домбровская Ж.В., Котельников Д.Д. Постседиментационные преобразования средне-и верхнерифейских отложений Прибайкальского осадочно-породного бассейна // Литология и полезные ископаемые. – 1996. – № 3. – С. 241-257.
32. Дриц В.А., Коссовская А.Г. Глинистые минералы: слюды, хлориты. – М., 1991. – 176 с.

УДК [550.4:552.53] (470.44/47+574.1) «6136»

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСХОДНОГО СОСТАВА МОРСКИХ РАСТВОРОВ И ПЕРВИЧНЫХ ПАРАГЕНЕЗИСОВ КАЛИЙНЫХ ХЛОРИДНЫХ И СУЛЬФАТНЫХ СОЛЕЙ КУНГУРСКИХ ГАЛОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

О.П. Гончаренко, Г.А. Московский, Н.С. Рузляева

*Саратовский государственный университет*

Рассмотрены особенности применения регрессионного метода математической статистики с целью выявления зависимости между химическим составом водных вытяжек солей и ультрамикрхимическими анализами включений в них с целью установления исходного состава морских растворов и выявления направления их изменения по площади бассейна. Подобный анализ данных химического состава галогенных отложений уже изученных месторождений позволит проводить более точное прогнозирование состава калийных и калийно-магниевого солей, что особенно важно при прекращении буровых работ на соли, несмотря на дефицит калийных солей в стране.

Необходимость изучения калиеносных бассейнов обусловлена практической значимостью сосредоточенных в них полезных ископаемых: хлоридных и сульфатных калийных солей, кизерита и бишофита, рассолов с высоким содержанием брома, их ролью в формировании геохимических условий в надсолевых и подсолевых отложениях, а также их значения как покрывки, существенно ограничивающей миграцию углеводородных флюидов. Необходимость возобновления работ по освоению уже открытых в западной части Прикаспия месторождений калийных солей (Эльтонского солянокупольного месторождения и Гремячинского, расположенного на юге Приволжской моноклинали) при дефиците калийных солей в стране – очевидна. Но после продолжительного падения интереса к

этим месторождениям и прекращения буровых работ, ранее полученные огромные массивы информации по химическому составу солей, водных вытяжек из них и других материалов, не обработаны в должной мере и требуют переосмысления. Одной из важнейших задач при этом становится установление состава минералообразующих растворов солеродного бассейна и на этой основе реконструкция первичных парагенезисов калийных и магниевого солей, что очень важно при прогнозировании состава продуктивных интервалов галогенных разрезов.

Известно, что условия формирования галогенной толщи могут быть охарактеризованы генетическими показателями, основанными на минералогических и геохимических особенностях соляных пород. Они отражаются в последовательных рядах

парагенезисов породообразующих минералов, соответствующих определенным стадиям галогенеза, и зависят во многом от степени метаморфизации морских растворов. До настоящего времени для галогенных толщ сульфатного или сульфатно-хлоридного типа применялся парагенетический анализ минеральных ассоциаций, основанный на результатах химического анализа солей, позволяющий осуществлять их генетическую типизацию. При этом в качестве оценочных параметров использовались координаты фигуративных точек состава пород на парагенетических диаграммах разных типов. Для парагенетического анализа галогенных отложений, образующихся из рапы сульфатного типа, наиболее удобной является диаграмма  $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{Mg}^{+2}$  -  $2\text{K}^{+2}$ , которая отражает парагенезис солей.

Для многих участков Прикаспийского соленосного бассейна установлены хлоридные и сульфатные парагенезисы калийных и калийно-магниевого минералов [1]. Так, в пределах прибортовой зоны впадины выделены парагенезисы: галит-сильвин, сильвин-галит, сильвин-карналлит, карналлит, карналлит-кизерит, карналлит-бишофит, кизерит-бишофит, бишофит, отвечающие второй, третьей и четвертой стратиграфическим колонкам соляных отложений по М.Г.Валяшко [2]. В тупиковой части впадины (юго-запад Приволжской моноклинали-Сафроновский участок) по данным имерсионного анализа и результатам ультрамикрoхимического анализа включений в эвтоническом галите устанавливается присутствие тахгидрита [3]. Для Центрального Прикаспия отмечается увеличение парагенезисов сульфатно-хлоридного и сульфатного типа, которые представлены следующими ассоциациями: галит-сильвин, полигалит-сильвин, галит-сильвин-полигалит-каинит, лангбейнит-сильвин, лангбейнит-каинит, карналлит-кизерит. Парагенезисы с бишофитом в центральных районах Прикаспийской впадины имеют слабое развитие. В целом же, парагенезисы калийно-магниевого пород Центральной части Прикаспия в отличие от её прибортовых районов чаще соответствуют первой и второй стратиграфическим колонкам по М.Г.Валяшко [2].

Применение методов термобарогеохимии к минералам солей дают возможность реконструкции состава рапы на различных стадиях развития солеродного бассейна (по анализам растворов включений) и позволяют судить о первичном парагенезисе калийно-магниевого пород. Наиболее детально с применением методов термобарогеохимии нами изучены разрезы галогенных отложений прибортовой части Прикаспия, соляных куполов Эльтона и Баскунчака, а также получены фрагментарные данные по разрезам солянокупольной структуры Индер, Челкар и другим районам [3].

Имея большой массив уникальных данных по химическому составу водных вытяжек солей (ХА) и ультрамикрoхимическому анализу включений из тех же образцов солей (УМХА) авторами поставлена цель выявления зависимостей между составом рапы

включений и химическим составом солей с тем, чтобы установить исходный состав морских растворов, выявить направление их изменения по площади бассейна и причины, определяющие изменение состава рапы вплоть до перехода её из одного типа в другой. Подобный анализ данных химического состава галогенных отложений уже изученных месторождений позволит проводить более точное прогнозирование состава калийных и калийно-магниевого солей.

При обработке аналитических данных ХА и УМХА (180 анализов) для ряда разрезов галогенных отложений, степень геохимической изученности которых можно считать эталонной, мы использовали регрессионный метод математической статистики для выявления зависимости между УМХА и ХА солей с целью их корреляции. Затем расположение фигуративных точек ХА состава солей и УМХА растворов включений в них, зависимость которых описывалась линейной и логарифмической функциями, анализировались на парагенетических треугольных диаграммах Йенеке, соответствующих физико-химическим системам  $2\text{K}^+$ ,  $2\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+} // \text{SO}_4^{2-}$ , и диаграммах парагенезисов солей галогенных отложений.

Результаты ХА и УМХА по продуктивной калийной толще анализировались по разрезам Краснокутской скважины 1К-К (рис.1) и Сафроновских скважин 2, 3, 4, 5, 6, 7 (рис.2). Краснокутский участок располагается в северо-западной прибортовой части Прикаспийской впадины. В скважине 1 К-К галогенный разрез вскрыт почти полностью: от карпенской до ерусланской ритмопачек. Продуктивная часть погожской ритмопачки на Краснокутском участке и на основной территории Приволжской моноклинали сложена преимущественно бишофитовой и, в меньшей мере сильвинитовой и карналлитовой породами. Иногда в ассоциации с карналлитом и бишофитом обнаруживается кизерит. Сафроновский участок располагается в краевой южной части региона. Положение участка в крайней тупиковой части бассейна обусловило неполноту разреза галогенной толщи, особенно в её нижней части. В пределах Сафроновской площади погожская ритмопачка имеет выдержанный сильвинитовый состав. В разрезе скважины 6-«С» установлены бишофит и карналлит, а также предположительно - тахгидрит.

В работе мы основывались на теоретических представлениях и экспериментальных результатах М.Г.Валяшко [1], согласно которым для заключительных стадий галогенеза характерно практическое равенство соотношений между осадком и рапой. Однако при рассмотрении природных объектов необходимо учитывать изменчивость характеризующих их параметров, поскольку водно-солевой баланс солеродного бассейна определялся исходным составом морских растворов сульфатного типа, континентальными водами карбонатно-кальциевого типа и глубинными маточными рассолами. При моделировании особенностей гидрогеохимии калийно-

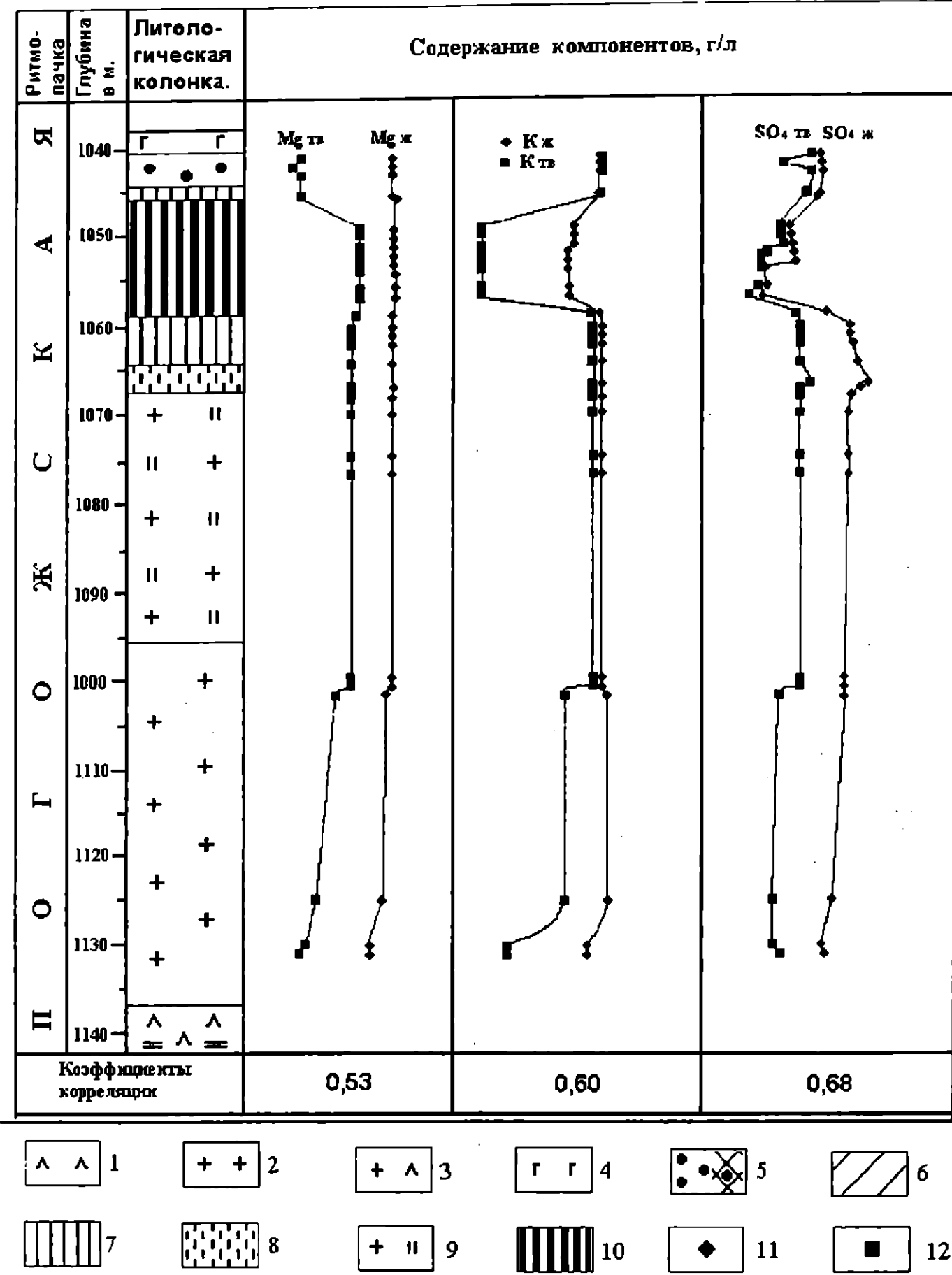


Рис. 1. Изменение содержаний ионов калия, магния и сульфата в растворах включений и в твердой фазе по разрезу скважины 1К-К Краснокутского участка: 1 - ангидрит; 2 - каменная соль; 3 - ангидрит галитовая порода; 4 - галит; 5 - сильвинит; 6 - сильвин-галитовая порода; 7 - карналлит; 8 карналлит-галитовая порода; 9 - каменная соль с вкрапленностью карналлита; 10 - бишофит; 11 - содержание компонентов, г/л в растворах включений, 12 - содержание компонентов, г/л в твердой фазе

магниевого бассейнов необходимо учитывать наличие в природных системах, в том числе и солеродном бассейне, временных или локальных физико-химических равновесий [4]. Данный прием позволяет представить неравновесную гидрохимическую систему в виде отдельных пространственных под-

систем, для которых на данный момент времени выполняется условие химического равновесия. Учитывая все указанные выше допущения нами анализировалось распределение содержаний  $K^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $SO_4^{-2}$  и  $Ca^{+2}$  в жидкой и твердой фазах. Если в растворе устанавливался кальций, то при рас-

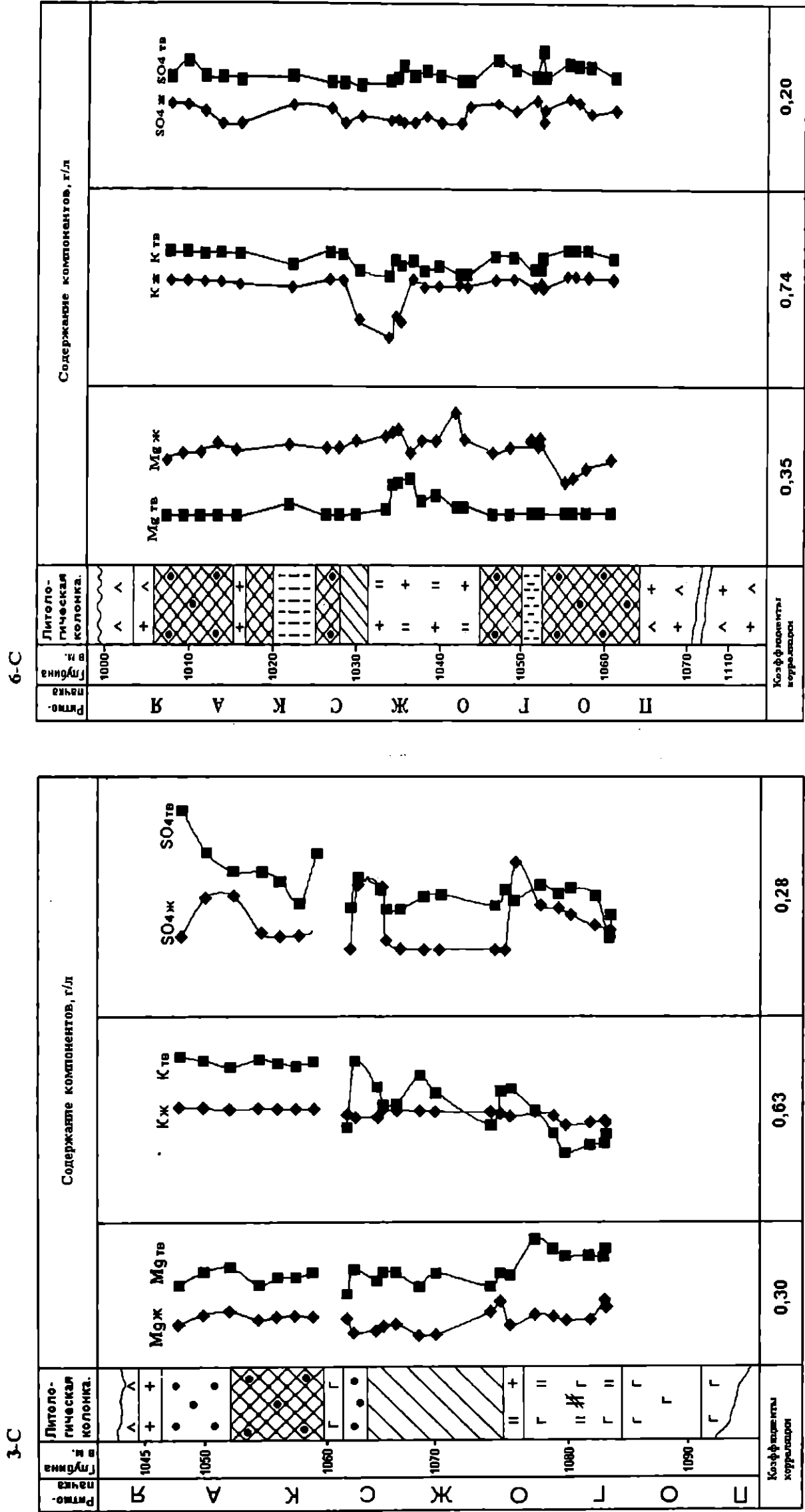


Рис. 2. Изменение содержания ионов калия, магния и сульфата в растворах включений и в твердой фазе по разрезам скважин 6-С и 3-С Сафроновского участка (условные обозначения см. на рис. 1)

четах,  $\text{Ca}^{+2}$  учитывался путем его исключения из жидкой фазы за счет пересчета на  $\text{CaSO}_4$ . Поскольку состояние любой системы описывается определенным набором параметров, выбираемых из общей совокупности признаков, поэтому, вначале решалась задача подбора для рассматриваемых параметров аппроксимирующей функции, которая объясняет зависимость содержания ионов калия, магния и сульфата в твердой фазе от их содержания в жидкой фазе. Основной целью наших исследований являлось не только подбор функций для рассматриваемых зависимостей между параметрами, но и генетическое истолкование их аппроксимации. Подбор функций велся в порядке рассмотрения гипотез о соответствии зависимости между переменными, которые аппроксимируются с помощью линейной, логарифмической и полиномиальной моделей.

Анализ имеющегося материала показал, что отношения между содержаниями  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $2\text{K}^+$  и  $\text{SO}_4^{-2}$  в жидкой и твердой фазах в среднем по разрезу продуктивной части погожской ритмопачки Краснокутского участка, исходя из коэффициентов корреляции (K), которые соответственно равны  $\text{K K}^+=0,60$ ;  $\text{K Mg}^{+2}=0,53$ ;  $\text{K SO}_4^{-2}=0,68$ , описываются линейной функцией (рис. 1). Причем, на графиках зависимости содержания ионов калия, магния и сульфата в жидкой и твердой фазах (рис. 3) фигуративные точки их зависимостей группируются с образованием нескольких областей, которые соответствуют подсистемам временных равновесий в общей гидрохимической системе развития калийного бассейна. Нами установлено пять основных областей, три из которых соответствуют основным стадиям сгущения рапы: сильвинитовой ( $\text{K K}^+=0,98$ ;  $\text{K Mg}^{+2}=0,64$ ;  $\text{K SO}_4^{-2}=0,79$ ), карналлитовой ( $\text{K K}^+=0,65$ ,  $\text{K Mg}^{+2}=0,68$ ;  $\text{K SO}_4^{-2}=0,55$ ) и бишофитовой ( $\text{K Mg}^{+2}=0,95$ ;  $\text{K SO}_4^{-2}=0,75$ ). Области, в которых группируются точки с  $\text{K SO}_4^{-2}=0,85$  соответствуют в разрезе кизерит-бишофитовому и кизерит-карналлитовому парагенезису. Выделяется также область точек с пониженными  $\text{K K}^+$  и  $\text{K Mg}^{+2}$ , которая соответствует сильвинитам, образовавшимся за счет разложения карналлита (рис. 3).

На диаграммах зависимостей между рассматриваемыми переменными: содержания магния, калия и сульфат-иона в растворе и в твердой фазе продуктивной части погожского цикла седиментогенеза в разрезе скважины Краснокутской 1 К-К выделенные области группирования точек объединяются двумя трендами, соответствующие линейной (а) и логарифмической (б) моделям распределения (рис. 3). Причем, логарифмическая функция описывает области группирования точек, соответствующих карналлит-кизеритовому парагенезису и вторичному сильвину. Область карналлита на графике зависимости калия в твердой фазе от его содержания в рапе включений объединяется трендами (а) и (б), подтверждая тем самым образование сильвина за счет разложения карналлита. Учитывая степень метаморфизации рапы, которая оценивается коэф-

фициентом Н.С.Курнакова  $\text{MgSO}_4/\text{MgCl}_2$ , выявленные зависимости состава твердых фаз (ХА) от состава исходных минералообразующих растворов (УМХА) для различных стадий описываются рядом уравнений. Поскольку, образование бишофита происходило из высокометаморфизованных растворов (коэффициент метаморфизации составлял 0-0,001), при незначительном количестве калия в растворе, зависимости содержания магния и сульфат-иона на бишофитовой стадии описывается уравнением (1):

$$\left. \begin{aligned} \text{Mg ж экв} &= -1200 + 1,565 * \text{Mg тв экв} \\ \text{SO}_4 \text{ ж экв} &= 28,857 + 0,4021 * \text{SO}_4 \text{ тв экв} \end{aligned} \right\} (1)$$

Для карналлитовой стадии характерны два уравнения, одно из которых (2) соответствует образованию карналлита из высокометаморфизованных растворов (коэффициент метаморфизации составит 0-0,001) и второе (3) – образованию карналлита из морских растворов и с участием континентальных вод. Увеличение в растворах сульфат-иона привело к образованию кизерит-карналлитового парагенезиса (уравнение 3, область на рис.).

$$\left. \begin{aligned} \text{Mg ж экв} &= 8177,8 + 0,21 * \text{Mg тв экв} \\ \text{K ж экв} &= 453,43 - 0,0044 * \text{K тв экв} \\ \text{SO}_4 \text{ ж экв} &= 136,5 + 0,059 * \text{SO}_4 \text{ тв} \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Mg ж экв} &= -22600 + 3,90 * \text{Mg тв экв} \\ \text{K ж экв} &= 267,14 + 0,057 * \text{K тв экв} \\ \text{SO}_4 \text{ ж экв} &= -222,1 + 12,82 * \text{SO}_4 \text{ тв экв} \end{aligned} \right\} (3)$$

Для погожской ритмопачки Сафроновского участка отмечаются более сложные зависимости в распределении  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  в жидкой и твердой фазах (рис. 2). Линейная зависимость отмечается только для  $\text{K}^+$  ( $\text{K K}^+=0,63$  (3«С»); 0,74 (4«С» и 6«С»)). Для ионов  $\text{Mg}^{+2}$  и  $\text{SO}_4^{-2}$  устанавливается более сложная зависимость, аппроксимирующаяся полиномиальными функциями соответственно 4 и 6 степеней. Несмотря на более сложные взаимоотношения компонентов в системе порода-раствор, в развитии погожского бассейна Сафроновской площади также существовали условия физико-химического равновесия, соответствующие стадиям садки сильвина и карналлита (рис. 4). Это фиксируется областями группирования точек, для которых  $\text{K K}^+$  увеличивается до 0,82, а  $\text{K Mg}^{+2}$  – до 0,65.  $\text{SO}_4^{-2}$  даже во временных условиях равновесия системы аппроксимируется полиномиальной функцией 6 степени. Появление хлор-кальциевых растворов (данные УМХА) на Сафроновском участке свидетельствует о более сложных взаимоотношениях в изученной системе, нарушая линейную зависимость  $\text{SO}_4^{-2} \text{ ж.ф.} - \text{SO}_4^{-2} \text{ т.ф.}$ . Для изученных разрезов Сафроновского участка, где нами отмечаются более сложные зависимости между содержанием компонентов в различных фазах, область первичного сильвина объединяется с областью карналлита и карналлит-кизерита трендом, который описывается линейной функцией (рис. 4, скв. 4-С+скв. 6-С). При этом, область вторичного сильвина располагается относительно тренда левее на графике по  $\text{K}^+$  и правее на графике по  $\text{Mg}^{+2}$ . По разрезу скважины 3-С обособлено располагаются области кизерита, явно указы-

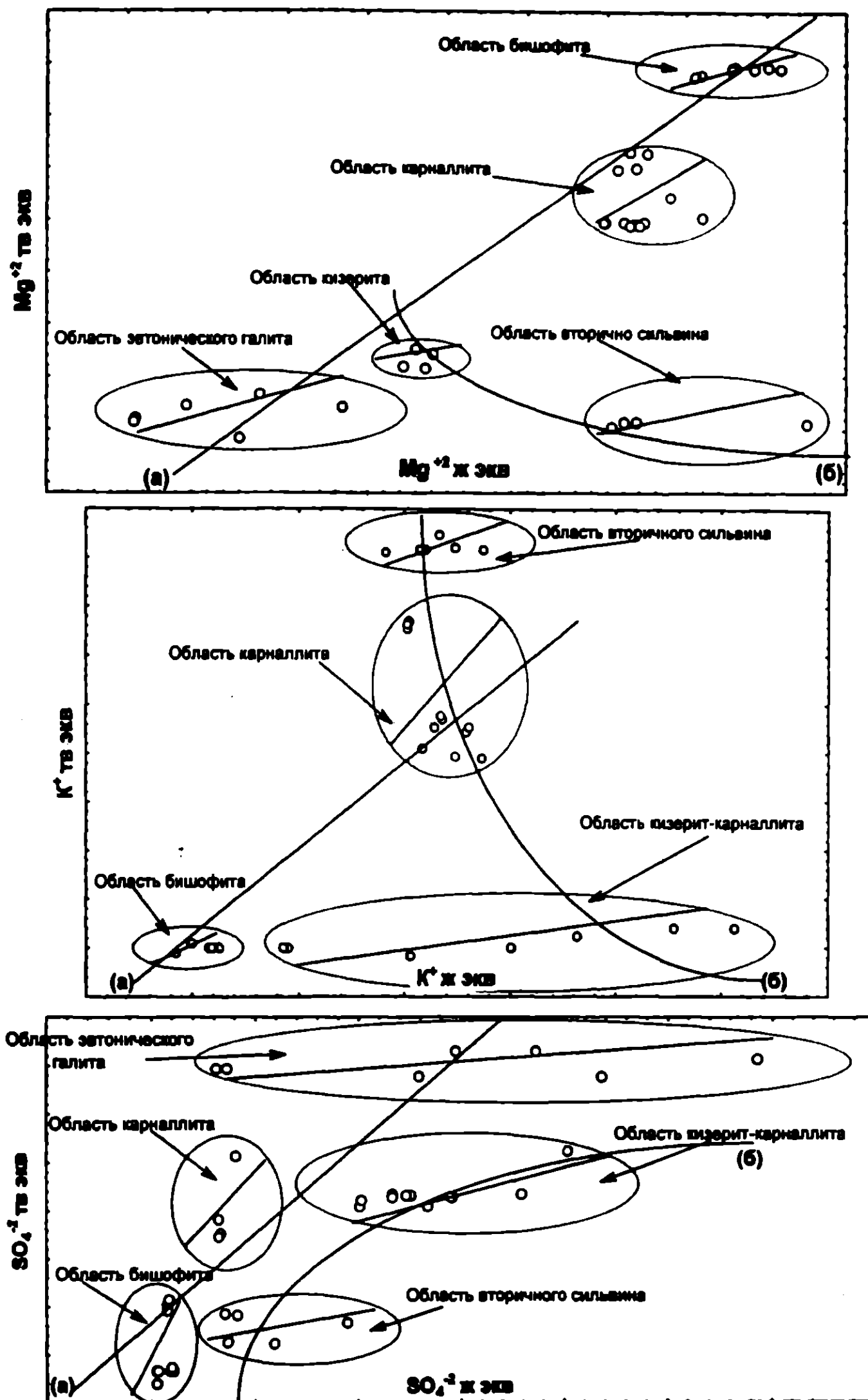


Рис. 3. Графики зависимости содержания ионов калия, магния и сульфата в жидкой и твердой фазах Краснокутский участок, скв. 1 К-К)

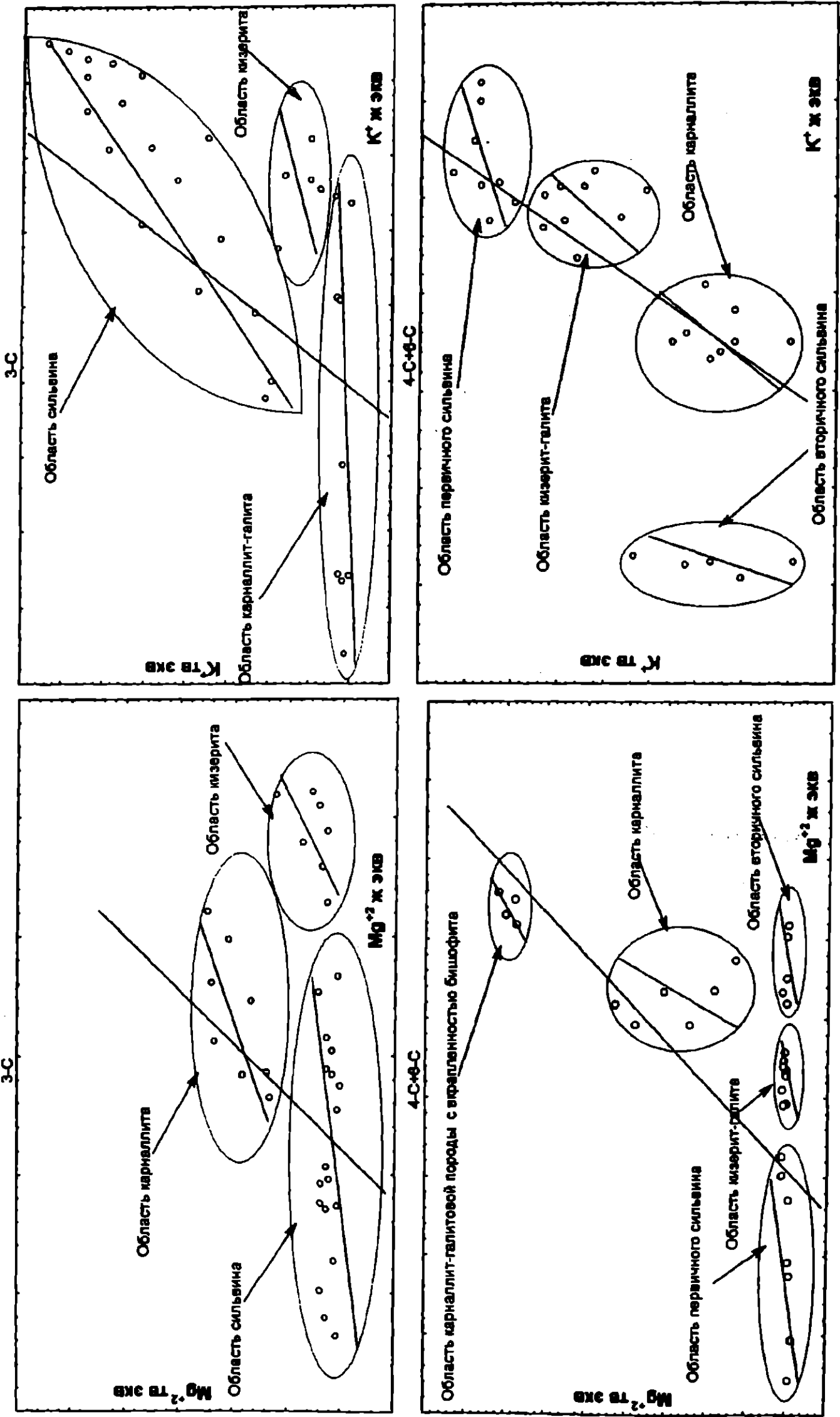


Рис. 4. Графики зависимости содержания ионов калия, магния и сульфата в жидкой и твердой фазах (Сафроновский участок, скв. 3-С, 4-С, 6-С)

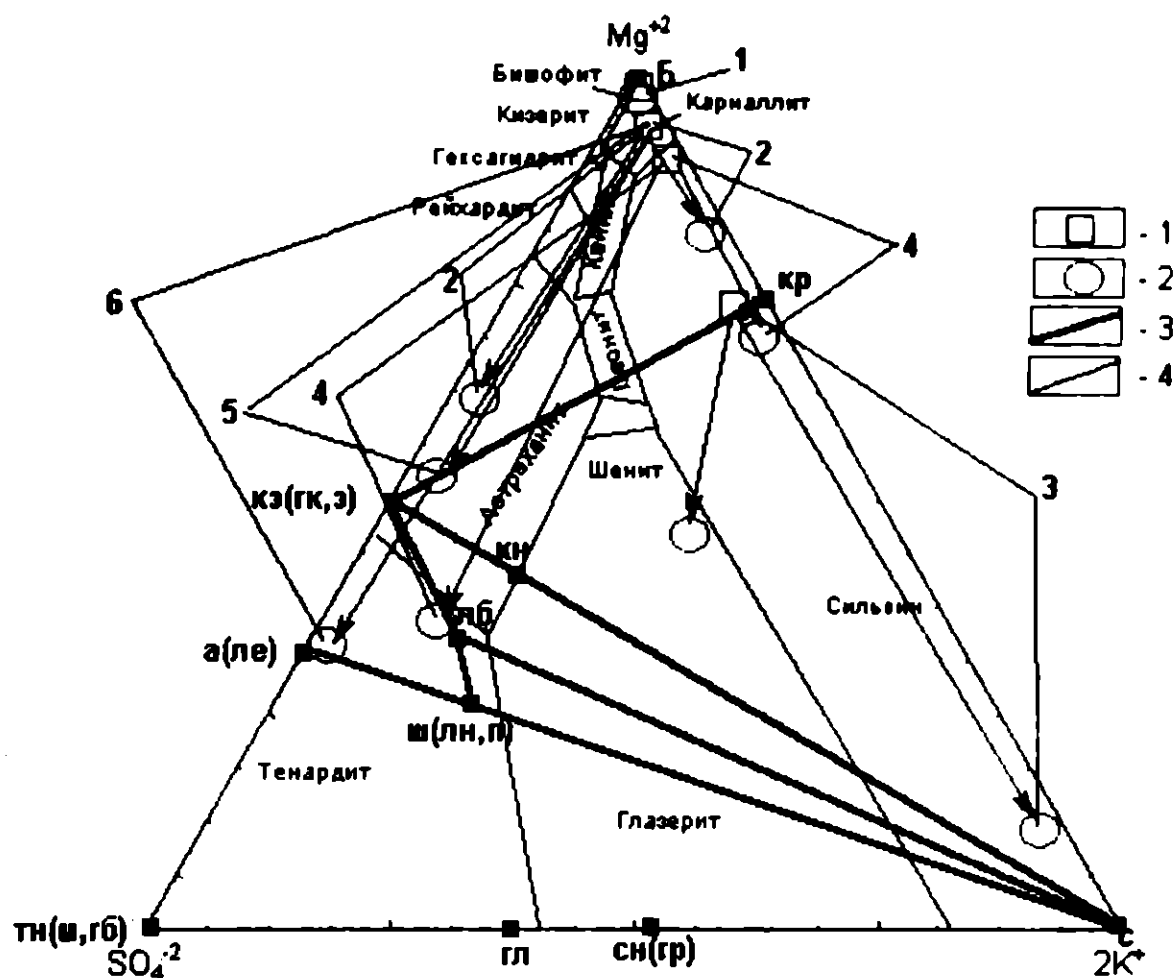


Рис. 5. Расположение фигуративных точек состава растворов погожского калийного бассейна (УМХА-1) и парагенезиса калийно-магниевых солей (ХА-2) на совмещенных диаграммах парагенезиса солей галогенных отложений сульфатного типа (3) и водно-солевой системы  $2K^+, 2Na^+, Mg^{+2} // SO_4^{2-}$  (солнечная диаграмма Н.С. Курнакова — 4)

вая на дополнительный источник сульфат-иона в рапе бассейна (рис.4, скв. 3-С).

Учитывая, что продуктивная толща на Сафроновском участке имеет выдержанный сильвинитовый состав с небольшим присутствием вкрапленности карналлита и бишофита в разрезе скв. 6-«С», получены уравнение регрессии для сильвинитовой стадии (4), для карналлитовой стадии (5). При поступлении в бассейн поверхностных вод для карналлит-кизеритового парагенезиса (6) и для вторичного сильвина, образованного за счет разложения карналлита (7). Причем обращает на себя внимания практическое сходство уравнений по магнию на стадии карналлита и вторичного сильвина (5 и 7), что подтверждает его образование за счет разложения карналлита.

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} Mg_{ж\ экв} &= 6630,6 + 0,87 * Mg_{тв\ экв} \\ K_{ж\ экв} &= 577,95 + 0,031 * K_{тв\ экв} \\ SO_4_{ж\ экв} &= 184,29 - 0,19 * SO_4_{тв\ экв} \end{aligned} \right\} (4) \\
 & \left. \begin{aligned} Mg_{ж\ экв} &= 8177,8 + 0,21 * Mg_{тв\ экв} \\ K_{ж\ экв} &= 453,43 - 0,0044 * K_{тв\ экв} \\ SO_4_{ж\ экв} &= 136,5 + 0,059 * SO_4_{тв\ экв} \end{aligned} \right\} (5) \\
 & \left. \begin{aligned} Mg_{ж\ экв} &= -22600 + 3,90 * Mg_{тв\ экв} \\ K_{ж\ экв} &= 267,14 + 0,057 * K_{тв\ экв} \\ SO_4_{ж\ экв} &= -222,1 + 12,82 * SO_4_{тв\ экв} \end{aligned} \right\} (6) \\
 & \left. \begin{aligned} Mg_{ж\ экв} &= 7702,0 + 0,21 * Mg_{тв\ экв} \\ K_{ж\ экв} &= 624,2 + 0,03 * K_{тв\ экв} \\ SO_4_{ж\ экв} &= 134,48 + 1,33 * SO_4_{тв\ экв} \end{aligned} \right\} (7)
 \end{aligned}$$

После обработки исходных природных данных для использования на других объектах установлены нами связи и зависимости между составом рапы (УМХА) и составом образовавшихся минералов с целью восстановления исходного состава минералообразующих растворов и первичных парагенезисов минералов соляных пород составлены две матрицы средне-статистических значений содержания  $K^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $SO_4^{2-}$  на различных стадиях развития погожского калийного бассейна, соответствующих подсистемам солеродного бассейна. Первая матрица А-1 (табл.1) отражает изменение зависимостей основных параметров на различных стадиях развития погожского калийного бассейна по имеющимся в нашем распоряжении данным УМХА и ХА основных породообразующих минералов. Вторая матрица А-2 (табл.2) составлена по данным химического анализа солей и расчетным данным состава рапы. Сравнение матриц А-1 и А-2 позволяет говорить о незначительной разнице между расчетными данными состава растворов на калийной стадии по данным ХА солей и данными УМХА растворов включений. Дальнейшая обработка данных по другим районам Прикаспия позволит рассчитать коэффициенты для пересчета химических анализов солей на состав рапы с целью прогнозирования минерального состава продуктивных интервалов галогенной толщи по латерали соленосного бассейна.



Таблица 1

Матрица А-1 содержаний калия, магния и сульфат-иона в твердой фазе и рапе включений на различных стадиях погожского калийного бассейна

| Стадии развития (подсистемы) | Содержания компонент в жидкой фазе, мг-экв/л |          |                 | Содержания компонент в твердой фазе, мг-экв/л |          |                 |
|------------------------------|----------------------------------------------|----------|-----------------|-----------------------------------------------|----------|-----------------|
|                              | К                                            | Mg       | SO <sub>4</sub> | К                                             | Mg       | SO <sub>4</sub> |
| Бишофитовая (n=25)           | 51,28                                        | 9166,67  | 31,25           | 0,36                                          | 13579,81 | 0,00            |
|                              | 52,05                                        | 9170,83  | 32,29           | 0,36                                          | 13626,76 | 15,85           |
|                              | 50,51                                        | 9095,83  | 30,21           | 0,36                                          | 13544,60 | 0,00            |
|                              | 30,77                                        | 9583,33  | 35,42           | 0,36                                          | 13920,19 | 0,00            |
|                              | 30,51                                        | 9591,67  | 35,21           | 0,36                                          | 13920,19 | 0,00            |
|                              | 31,03                                        | 9575,00  | 35,63           | 0,36                                          | 13920,19 | 0,00            |
|                              | 38,46                                        | 9583,33  | 41,67           | 0,36                                          | 13931,92 | 0,59            |
|                              | 38,97                                        | 9600,00  | 43,75           | 0,36                                          | 13931,92 | 0,59            |
| Карналлитовая (n=35)         | 430,00                                       | 8191,67  | 144,00          | 8154,57                                       | 305,16   | 0,00            |
|                              | 430,90                                       | 8041,67  | 140,21          | 8154,57                                       | 140,85   | 0,00            |
|                              | 430,00                                       | 8191,67  | 144,79          | 8154,57                                       | 305,16   | 0,00            |
|                              | 403,85                                       | 8359,17  | 129,17          | 6522,21                                       | 293,43   | 0,00            |
|                              | 408,97                                       | 8359,17  | 130,83          | 6717,23                                       | 293,43   | 0,00            |
|                              | 406,41                                       | 8275,00  | 130,00          | 6645,00                                       | 258,22   | 0,00            |
|                              | 456,41                                       | 10500,00 | 162,50          | 2914,41                                       | 10622,07 | 439,55          |
| Кизеритовая (n=25)           | 496,15                                       | 8200,83  | 495,83          | 3932,83                                       | 7969,48  | 64,55           |
|                              | 496,92                                       | 8200,00  | 495,00          | 3932,83                                       | 7969,48  | 64,55           |
|                              | 495,64                                       | 8201,67  | 495,00          | 3932,83                                       | 7969,48  | 64,55           |
|                              | 515,38                                       | 8358,33  | 579,17          | 4420,37                                       | 7910,80  | 58,69           |
|                              | 515,38                                       | 8375,00  | 579,79          | 4420,37                                       | 7910,80  | 58,69           |
|                              | 515,38                                       | 8341,67  | 578,54          | 4427,59                                       | 7899,06  | 54,58           |
| Сильвинитовая (n=37)         | 820,51                                       | 6540,00  | 121,46          | 6929,26                                       | 20,08    | 49,20           |
|                              | 812,05                                       | 6835,83  | 98,96           | 5863,45                                       | 40,16    | 82,83           |
|                              | 804,62                                       | 7039,17  | 106,67          | 5156,01                                       | 40,16    | 32,63           |
|                              | 803,59                                       | 6891,67  | 129,17          | 6453,51                                       | 60,24    | 47,69           |
|                              | 466,67                                       | 6859,17  | 202,71          | 188,45                                        | 281,12   | 8,53            |
|                              | 787,18                                       | 7116,67  | 139,58          | 5993,20                                       | 70,28    | 81,33           |
|                              | 820,51                                       | 6916,67  | 213,54          | 4467,10                                       | 40,16    | 35,64           |
| Вторичного сильвина (n=43)   | 851,28                                       | 7416,67  | 122,92          | 5424,78                                       | 50,20    | 0,00            |
|                              | 525,64                                       | 7458,33  | 156,25          | 330,55                                        | 281,12   | 42,17           |
|                              | 538,46                                       | 7683,33  | 143,75          | 472,66                                        | 291,16   | 69,78           |
|                              | 500,00                                       | 7916,67  | 204,17          | 21,62                                         | 1887,55  | 46,18           |
|                              | 571,79                                       | 7500,00  | 191,67          | 0,31                                          | 50,20    | 0,00            |
|                              | 726,92                                       | 7456,67  | 208,54          | 0,31                                          | 20,08    | 21,08           |
|                              | 828,21                                       | 7581,67  | 157,71          | 6314,49                                       | 30,12    | 28,61           |

n – количество анализов

Анализ положения фигуративных точек состава растворов включений (УМХА) и состава солей (ХА) на совмещенных диаграммах (рис.5) показал, что фигуративные точки, отражающие состав растворов бишофитовой стадии и фигуративные точки ХА бишофита (водная вытяжка) совпадают и располагаются в поле бишофита (обл. 1). Для растворов карналлитовой стадии по данным УМХА (жидкая фаза) и ХА (твердая фаза) фигуративные точки несколько смещены относительно друг друга, хотя при этом находятся в поле карналлита (обл. 2). Такое расположение фигуративных точек состава растворов включений и твердой фазы подтверждает линейную модель зависимостей между ними. Для сильвинитовой стадии отмечается две области в

расположении фигуративных точек состава растворов и твердой фазы: одна из них (УМХА) приурочена к средней части поля сильвина, отвечая седиментационным условиям его образования и линейной функции распределения зависимостей между ХА сильвина и УМХА включений в нем. Фигуративные точки состава ХА твердой фазы тяготеют к нижней части поля сильвина (обл. 3). Вторая область фигуративных точек УМХА располагается в нижней части поля карналлита и ей соответствует область фигуративных точек ХА твердой фазы средней части поля сильвина (обл. 4). Эти данные соответствуют сильвинитам, залегающим над карналлитовыми породами и в подошве бишофитового пласта. Их образование связано с переотложением карналлитовых и

Таблица 2

Матрица А-2 ожидаемых содержаний калия, магния и сульфат-иона в рапе погожского калийного бассейна по данным химического анализа твердой фазы

| Стадии развития (подсистемы) | Рассчетные данные содержания компонентов в жидкой фазе. мг-экв/л |          |                 | Содержание компонентов в твердой фазе. мг-экв/л |          |                 |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|-------------------------------------------------|----------|-----------------|
|                              | К                                                                | Mg       | SO <sub>4</sub> | К                                               | Mg       | SO <sub>4</sub> |
| Бишофитовая, (n=25)          |                                                                  | 9263,27  | 28,86           | 0,36                                            | 13579,81 | 0,00            |
|                              |                                                                  | 9336,78  | 35,26           | 0,36                                            | 13626,76 | 15,85           |
|                              |                                                                  | 9208,14  | 28,86           | 0,36                                            | 13544,60 | 0,00            |
|                              |                                                                  | 9796,23  | 28,86           | 0,36                                            | 13920,19 | 0,00            |
|                              |                                                                  | 9796,23  | 28,86           | 0,36                                            | 13920,19 | 0,00            |
|                              |                                                                  | 9796,23  | 28,86           | 0,36                                            | 13920,19 | 0,00            |
|                              |                                                                  | 9814,61  | 29,09           | 0,36                                            | 13931,92 | 0,59            |
|                              |                                                                  | 9814,61  | 29,09           | 0,36                                            | 13931,92 | 0,59            |
| Карналлитовая, (n=35)        | 417,55                                                           | 8244,58  | 136,50          | 8154,57                                         | 305,16   | 0,00            |
|                              | 417,55                                                           | 8208,62  | 136,50          | 8154,57                                         | 140,85   | 0,00            |
|                              | 417,55                                                           | 8244,58  | 136,50          | 8154,57                                         | 305,16   | 0,00            |
|                              | 424,73                                                           | 8242,01  | 136,50          | 6522,21                                         | 293,43   | 0,00            |
|                              | 423,87                                                           | 8242,01  | 136,50          | 6717,23                                         | 293,43   | 0,00            |
|                              | 424,19                                                           | 8234,31  | 136,50          | 6645,00                                         | 258,22   | 0,00            |
|                              | 440,61                                                           | 10502,23 | 162,50          | 2914,41                                         | 10622,07 | 439,55          |
|                              |                                                                  |          |                 |                                                 |          |                 |
| Кизеритовая, (n=25)          | 493,20                                                           | 8534,38  | 605,68          | 3932,83                                         | 7969,48  | 64,55           |
|                              | 493,20                                                           | 8534,38  | 605,68          | 3932,83                                         | 7969,48  | 64,55           |
|                              | 493,20                                                           | 8534,38  | 605,68          | 3932,83                                         | 7969,48  | 64,55           |
|                              | 521,22                                                           | 8305,12  | 530,42          | 4420,37                                         | 7910,80  | 58,69           |
|                              | 521,22                                                           | 8305,12  | 530,42          | 4420,37                                         | 7910,80  | 58,69           |
|                              | 521,64                                                           | 8259,26  | 477,75          | 4427,59                                         | 7899,06  | 54,58           |
| Сильвинитовая (n=37)         | 796,64                                                           | 6648,10  | 174,80          | 6929,26                                         | 20,08    | 49,20           |
|                              | 763,00                                                           | 6665,59  | 168,32          | 5863,45                                         | 40,16    | 82,83           |
|                              | 740,67                                                           | 6665,59  | 178,00          | 5156,01                                         | 40,16    | 32,63           |
|                              | 781,62                                                           | 6683,09  | 175,10          | 6453,51                                         | 60,24    | 47,69           |
|                              | 583,90                                                           | 6875,53  | 182,64          | 188,45                                          | 281,12   | 8,53            |
|                              | 767,10                                                           | 6691,83  | 168,61          | 5993,20                                         | 70,28    | 81,33           |
|                              | 718,93                                                           | 6665,59  | 177,42          | 4467,10                                         | 40,16    | 35,64           |
|                              |                                                                  |          |                 |                                                 |          |                 |
| Вторичного сильвина, (n=43)  | 790,05                                                           | 7710,73  | 134,48          | 5424,78                                         | 50,20    | 0,00            |
|                              | 634,32                                                           | 7750,86  | 190,86          | 330,55                                          | 281,12   | 42,17           |
|                              | 638,66                                                           | 7752,61  | 227,78          | 472,66                                          | 291,16   | 69,78           |
|                              | 624,87                                                           | 8030,08  | 196,23          | 21,62                                           | 1887,55  | 46,18           |
|                              | 624,22                                                           | 7710,73  | 134,48          | 0,31                                            | 50,20    | 0,00            |
|                              | 624,22                                                           | 7705,49  | 162,67          | 0,31                                            | 20,08    | 21,08           |
|                              | 817,24                                                           | 7707,24  | 172,74          | 6314,49                                         | 30,12    | 28,61           |

n – количество анализов

бишофитовых пород, отвечая логарифмической модели распределения зависимостей ХА и УМХА. Увеличение содержания сульфат-иона в растворах отражается перемещением фигуративных точек состава растворов УМХА и ХА солей в поле соответственно кизерита и каинита, иногда лангбейнита (обл. 5 и 6).  
Таким образом, одновременное использование парагенетических диаграмм и регрессионного метода математической статистики позволяет не только охарактеризовать положение точки соответствующей определенному минеральному составу солей, но и определить исходный состав растворов. Что позволяет генетически классифицировать поро-

ду и осуществлять парагенетический анализ по всему разрезу галогенной толщи. Полученные зависимости и уравнения для используемых параметров гидрогеохимической системы калийного бассейна учитывают все изменения в системе и определяют первичный парагенезис солей.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №02-05-64762 и гранта «Университеты России» № УР. 09.01.031.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деревягин В.С., Свидзинский С.А., Седлецкий В.И., Ковальский Ф.И., Макаров А.С., Федин О.В. Нижне-

- пермская галогенная формация Северного Прикаспия. -Ростов, 1981. -397 с.
2. Валяшко М.Г. Закономерности формирования месторождений калийных солей. -М., 1962. -398 с.
3. Московский Г.А., Гончаренко О.П. Основные черты геохимии кунгурского галогенеза в западной части

- Прикаспийской впадины (по включениям в минералах). Деп. в ВИНТИ 16.11.1989. -№ 4072-В90. -198 с.
4. Куриленко В.В. Особенности эвапоритовой седиментации в современных солеродных бассейнах // Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей: Тез. докл. междунар. конф. - Соликамск, 2000. -С.139-142.

УДК [567.6+568.1]:551.79(47)

## ЭОПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ ГЕРПЕТОФАУНА МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ МОРОЗОВКА-1

В.Ю. Ратников

Воронежский государственный университет

Герпетофауна местонахождения Морозовка-1 включает представителей пяти семейств. Приводится описание остатков. Систематический статус *fibulare* чесночницы и позвонков *Colubrinae* indet. и *Vipera* sp. не ясен из-за некоторых отличий их морфологии от образцов сравнительной коллекции современных видов. Состав герпетофауны Морозовки-1 свидетельствует о существовании открытых пространств в окрестностях местонахождения.

Эоплейстоценовый этап развития герпетофауны Восточно-Европейской равнины изучен весьма слабо. Это связано с редкостью находок остатков земноводных и пресмыкающихся в эоплейстоценовых осадках. К настоящему времени известны лишь несколько местонахождений этого возраста [1-3], содержащие немногочисленные остатки холоднокровных наземных позвоночных. К сожалению, большая часть материалов изучена лишь частично и не опубликована в открытой печати. Поэтому предлагаемая работа является существенным дополнением к имеющимся публикациям.

Местонахождение Морозовка (=Черевичное) расположено на левом берегу Хаджибейского лимана в 20-25 км к северу от Одессы в районе с. Морозовка. Это разновозрастная толща послесарматских отложений с тремя костеносными горизонтами, верхний из которых (Морозовка-1) содержит костные остатки позднеатаманской фауны позвоночных. Геологический разрез местонахождения описан Н.А.Константиновой [4], а фауна мелких млекопитающих изучалась несколькими специалистами [5-7]. В коллекции Л.П. Александровой были обнаружены 13 костей, принадлежащих земноводным и пресмыкающимся. Их описание приводится ниже.

### *Pelobatidae*

Материал: плечевая кость и малоберцовая стопы.

Плечевая кость у чесночниц трудно определима до вида. Морфологические отличия её у *Pelobates fuscus* и *Pelobates syriacus* касаются пропорций: humerus у *Pelobates syriacus* более массивен, чем у *Pelobates fuscus*. Но наш экземпляр (рис. 1а) представлен лишь дистальным обломком, на котором этот признак не выявляется. Однако, у всех образцов *Pelobates syriacus* нашей сравнительной коллекции в области кубитальной ямки наблюдается

Рис. 1. Остатки *Pelobatidae*: а – плечевая кость *Pelobates fuscus* снизу и сверху; б – *fibulare* сверху и изнутри

отверстие для нерва или кровеносного сосуда, тогда как у большинства образцов *Pelobates fuscus* такое отверстие отсутствует. На ископаемом образце его тоже нет, в связи с чем мы идентифицируем его с *Pelobates fuscus*.

