

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., Каменова 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 КА- ЛИЙНЫХ 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, бора, 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  $SO_4^{2-} - Mg^{+2} - 2K^{+2}$ , 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 ультрамикрочимического 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 ультрамикрочимическому 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  $2K^{+}, 2Na^{+}, Mg^{2+} // SO_4^{2-}$ , 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-

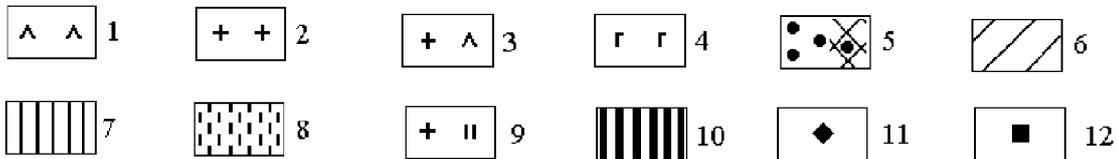
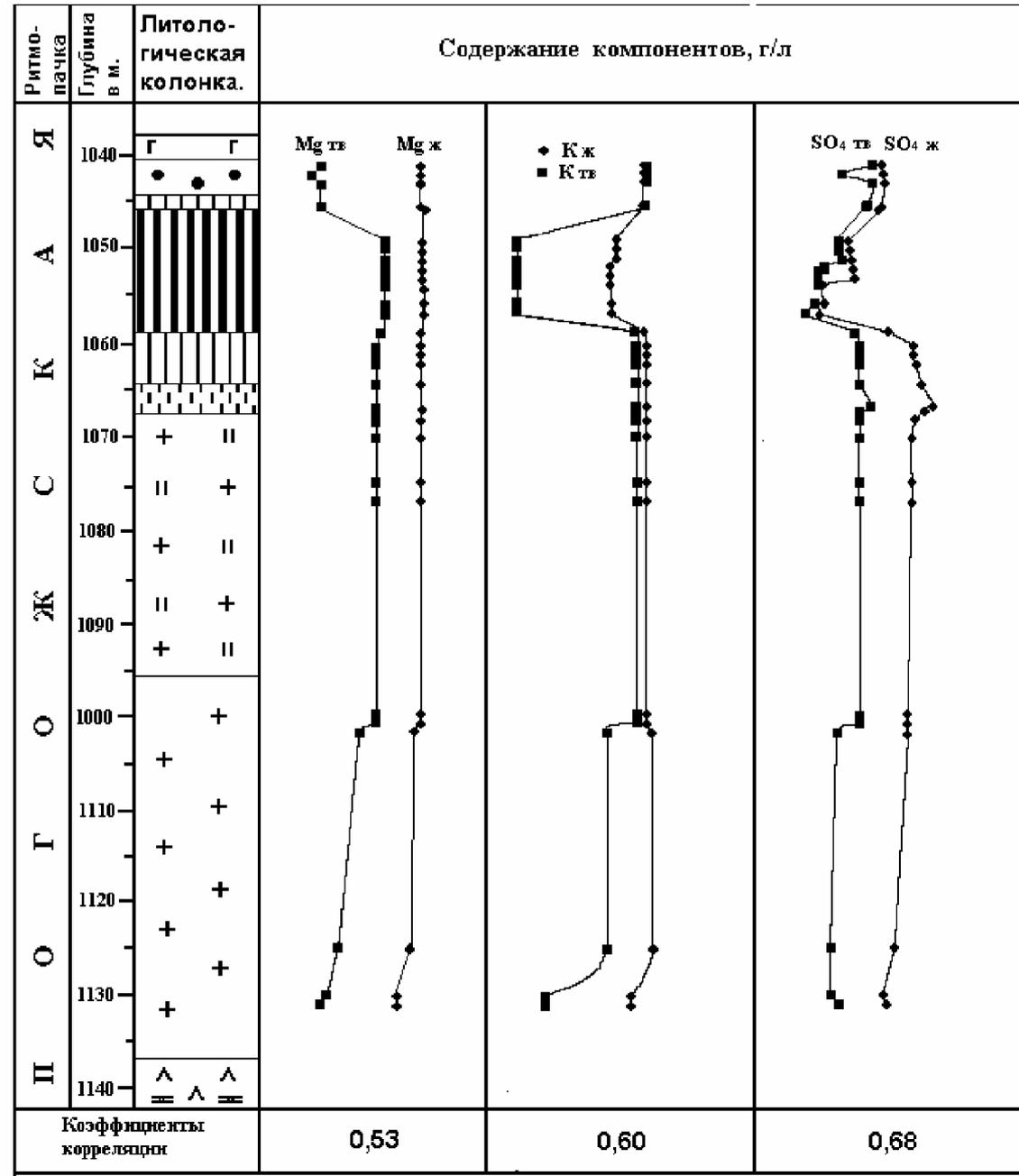
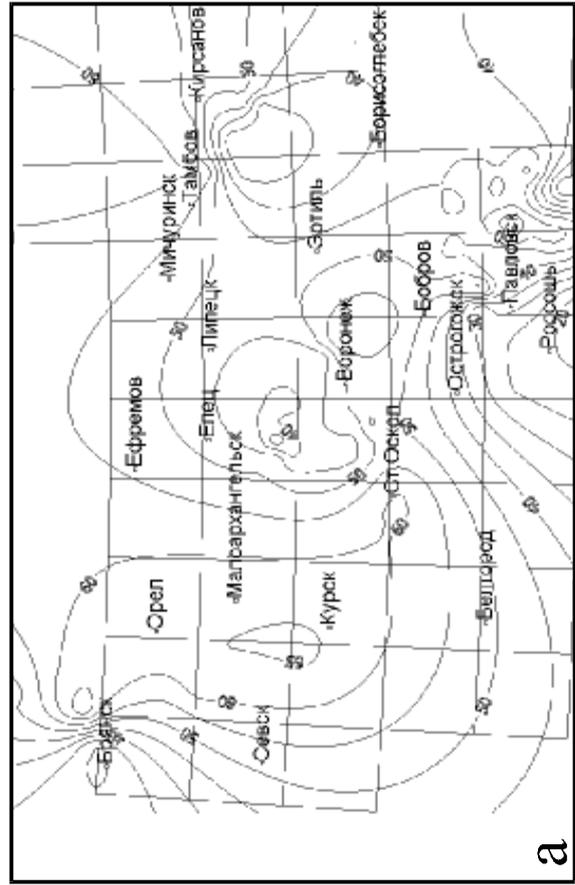


Рис. 1. Изменение содержаний ионов калия, магния и сульфата в растворах включений и в твердой фазе по разрезу скважины 1К-К Краснокутского участка: 1 - ангидрит; 2 - каменная соль; 3 - ангидрит-галитовая порода; 4 - галит, 5 - сильвинит: а) массивный, б) слоистый; 6 - сильвин-галитовая порода; 7 - карналлит; 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

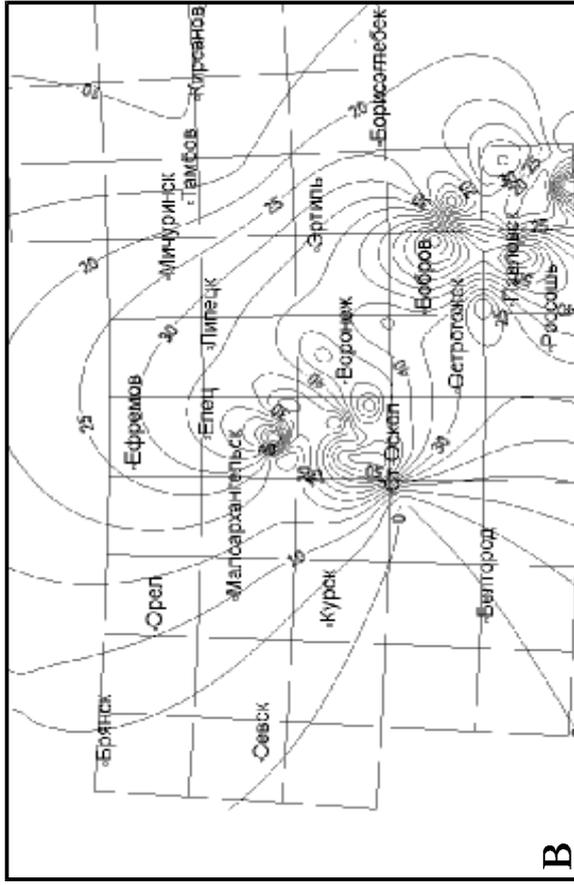
магниевого бассейна необходимо учитывать наличие в природных системах, в том числе и солеродном бассейне, временных или локальных физико-химических равновесий [4]. Данный прием позволяет представить неравновесную гидрохимическую систему в виде отдельных пространственных под-

систем, для которых на данный момент времени выполняется условие химического равновесия.

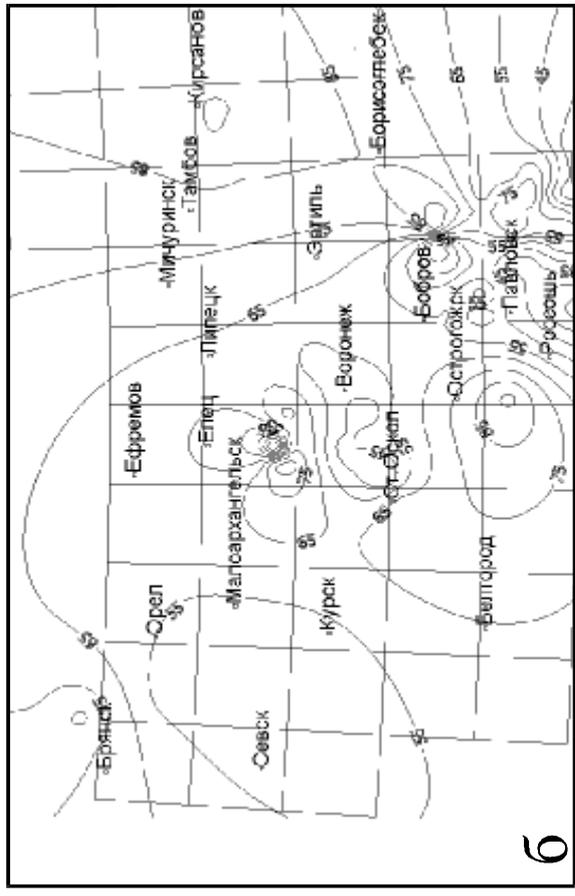
Учитывая все указанные выше допущения, нами анализировалось распределение содержаний  $K^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $SO_4^{-2}$  и  $Ca^{+2}$  в жидкой и твердой фазах. Если в растворе устанавливался кальций, то при рас-



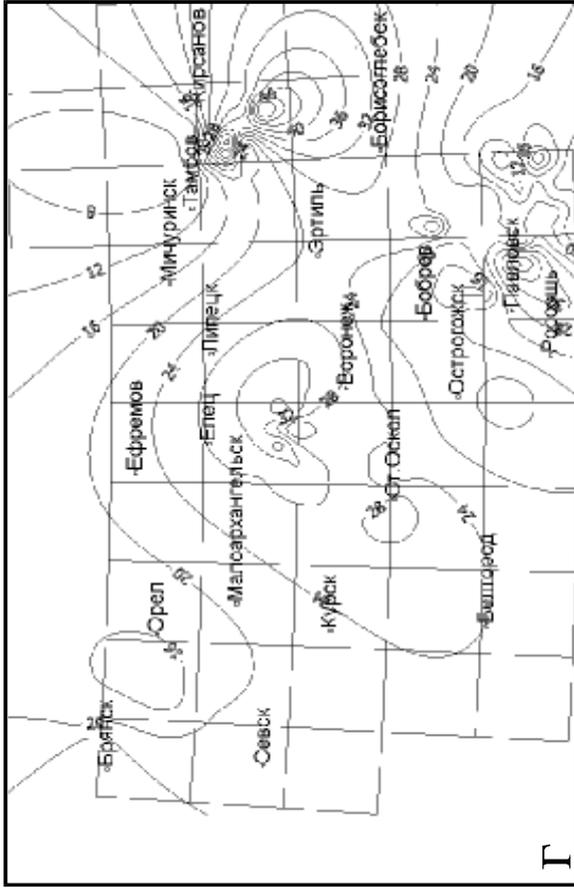
**а**



**б**

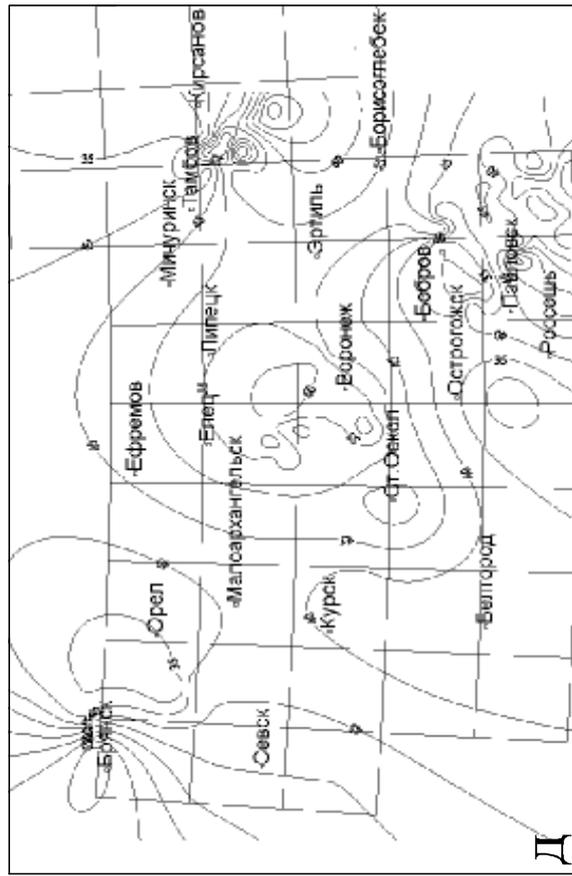


**в**

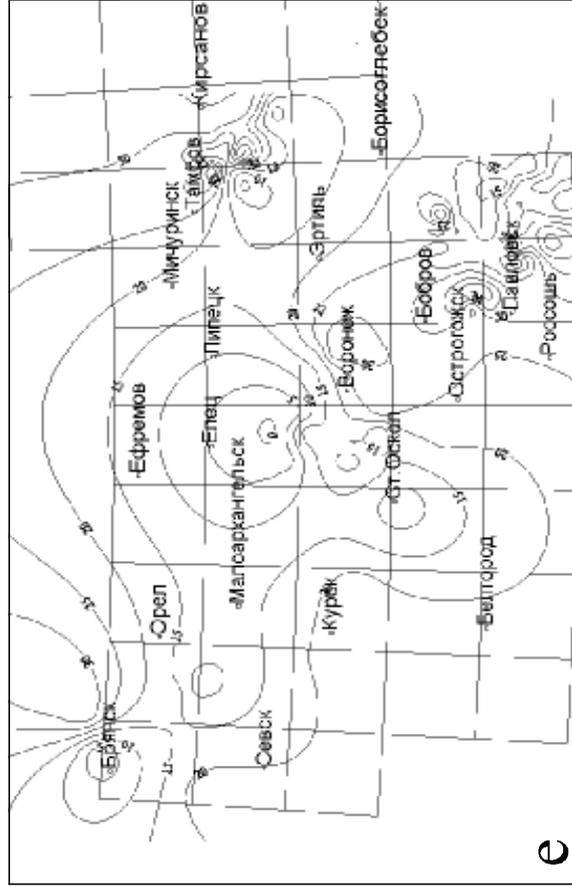


**г**

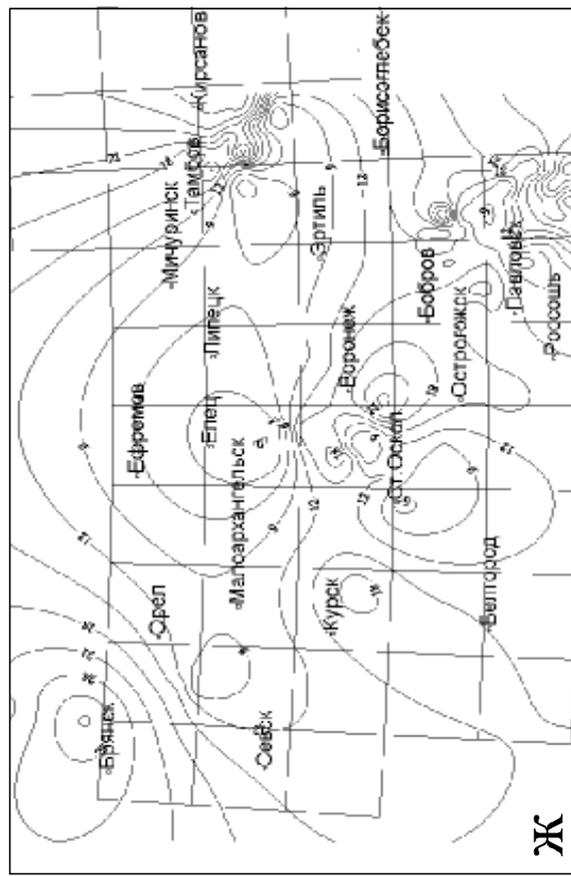
Рис.1. Карты – схемы – распределения тяжелых минералов и их ассоциаций по площади в отложениях сеноманского яруса: а – прозрачная составляющая, б – ильменит, в – гидроксооксиды железа+лейкоксен, г – циркон



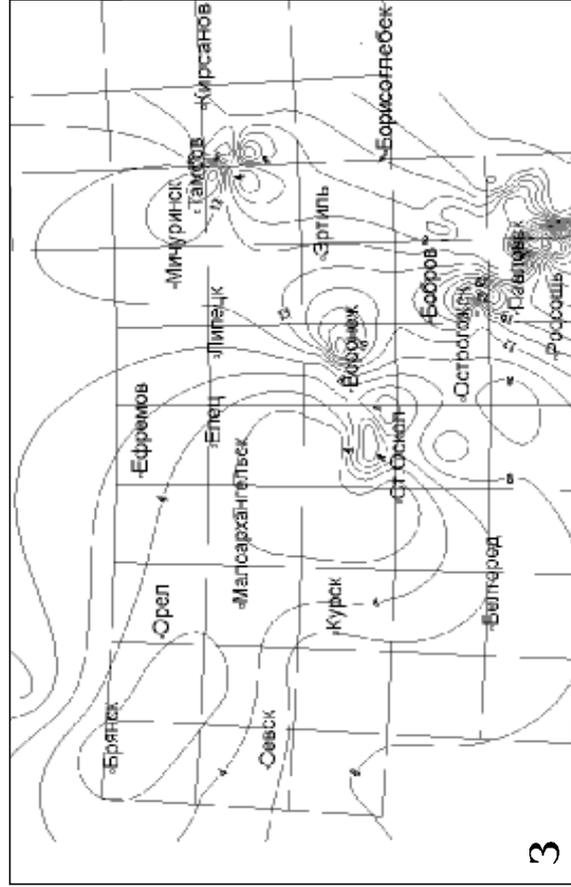
Д



е

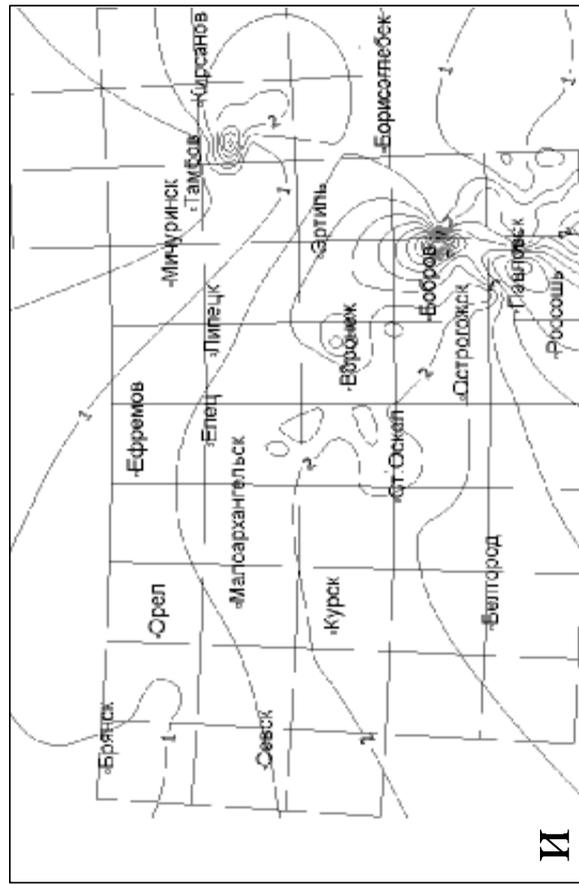


Ж

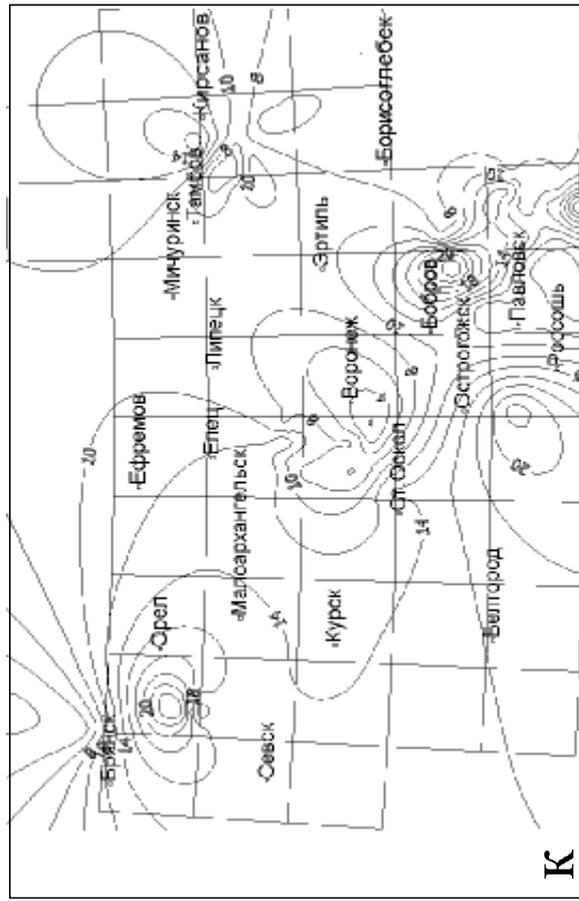


з

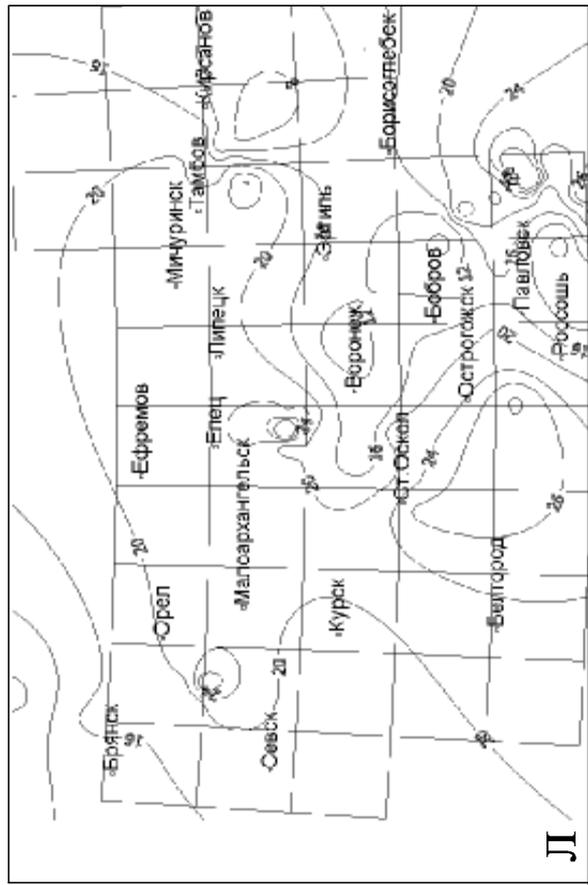
Рис.1. (продолжение). Карты – схемы - распределения тяжелых минералов и их ассоциаций по площади в отложениях сеноманского яруса: д - циркон+рутил+турмалин, е - гранат+элиот, ж - гранат, з - элиот



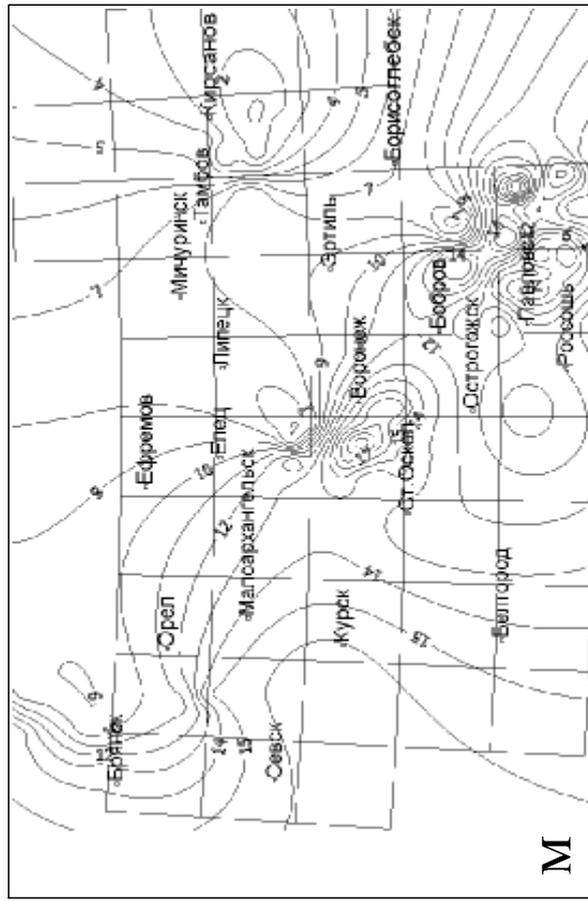
И



К



Л



М

Рис.1. (продолжение). Карты – схемы - распределения тяжелых минералов и их ассоциаций по площади в отложениях сеноманского яруса: и - циркон/рутил, к - ставролит, л - дистен, м - турмалин+амфибол+силлиманит+андалузит+тапацит

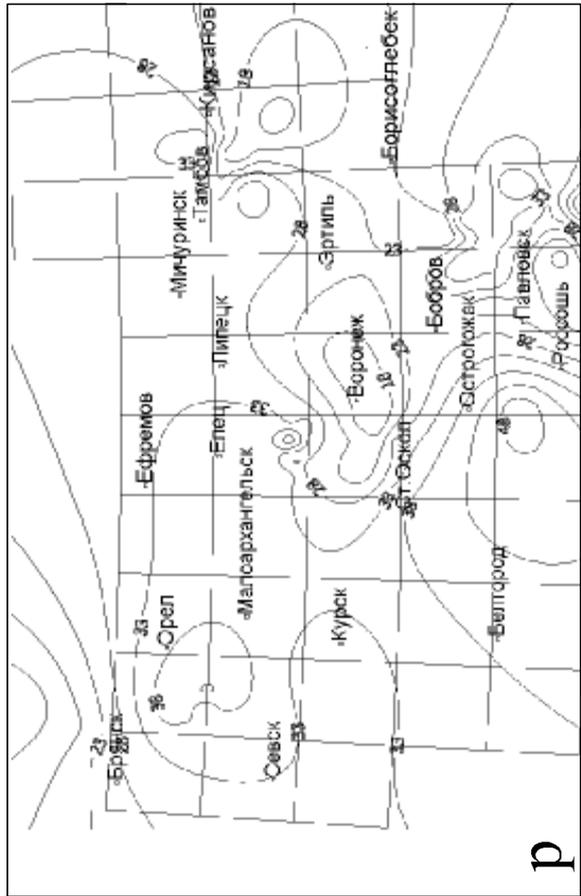
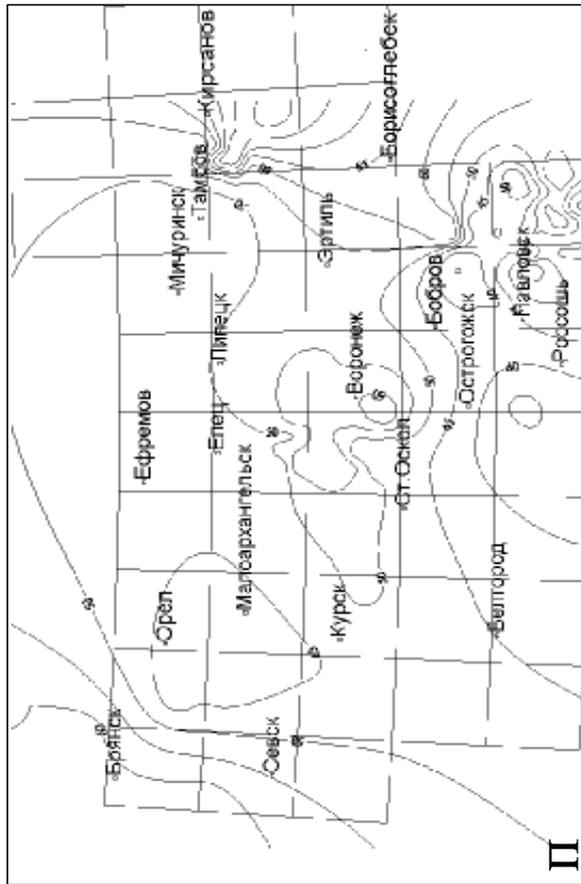
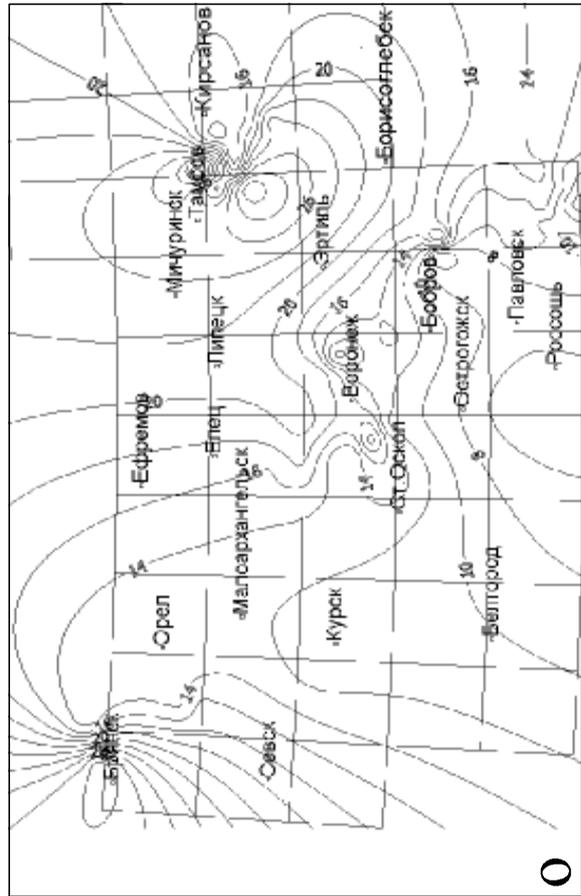
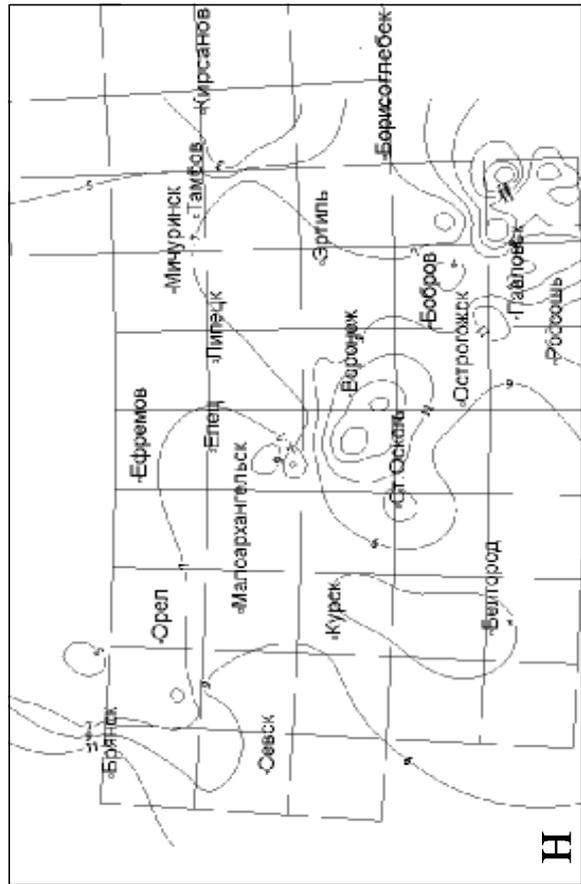
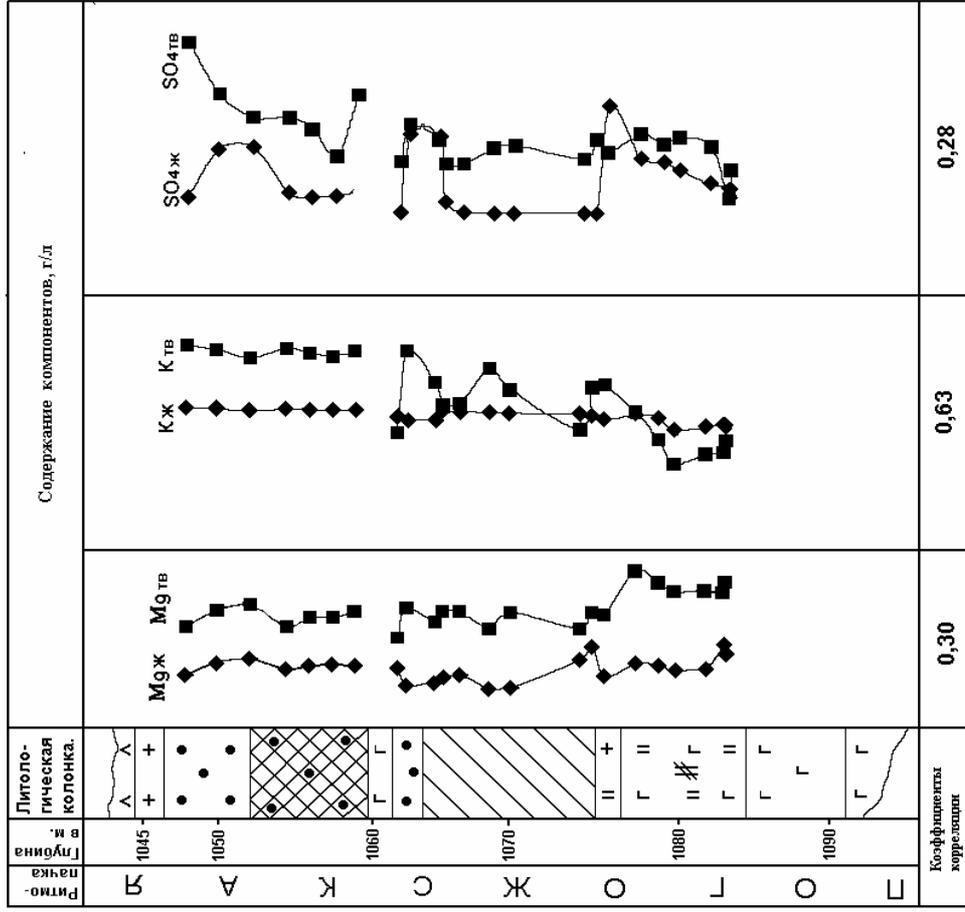


Рис.1. (продолжение). Карты – схемы - распределения тяжелых минералов и их ассоциаций по площади в отложениях сеноманского яруса: н - турмалин, о - рутил, п - циркон+рутил+гранат, р-дистен+ставролит

3-С



6-С

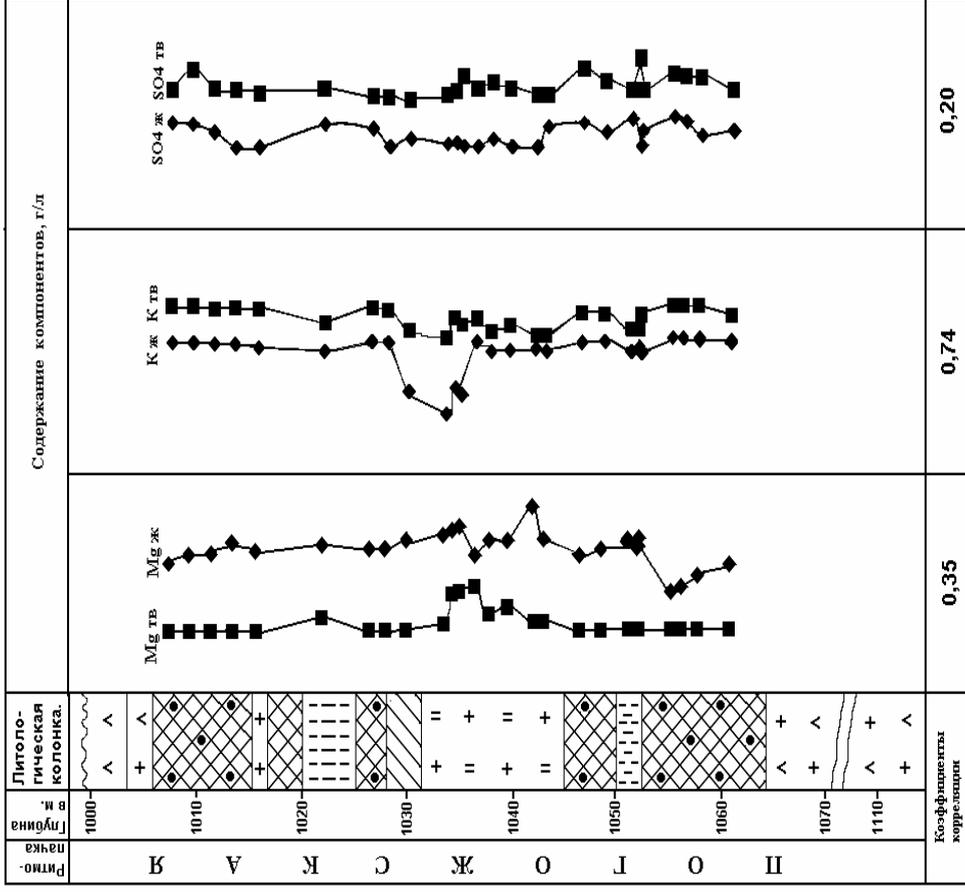


Рис. 2. Изменение содержания ионов калия, магния и сульфата в растворах включений и в твердой фазе по разрезам скважин 6-С и 3-С Сафроновского участка (условные обозначения см. на рис. 1)

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 (К), 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 гущения 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 выделены 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 составляет 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.).

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

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

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-

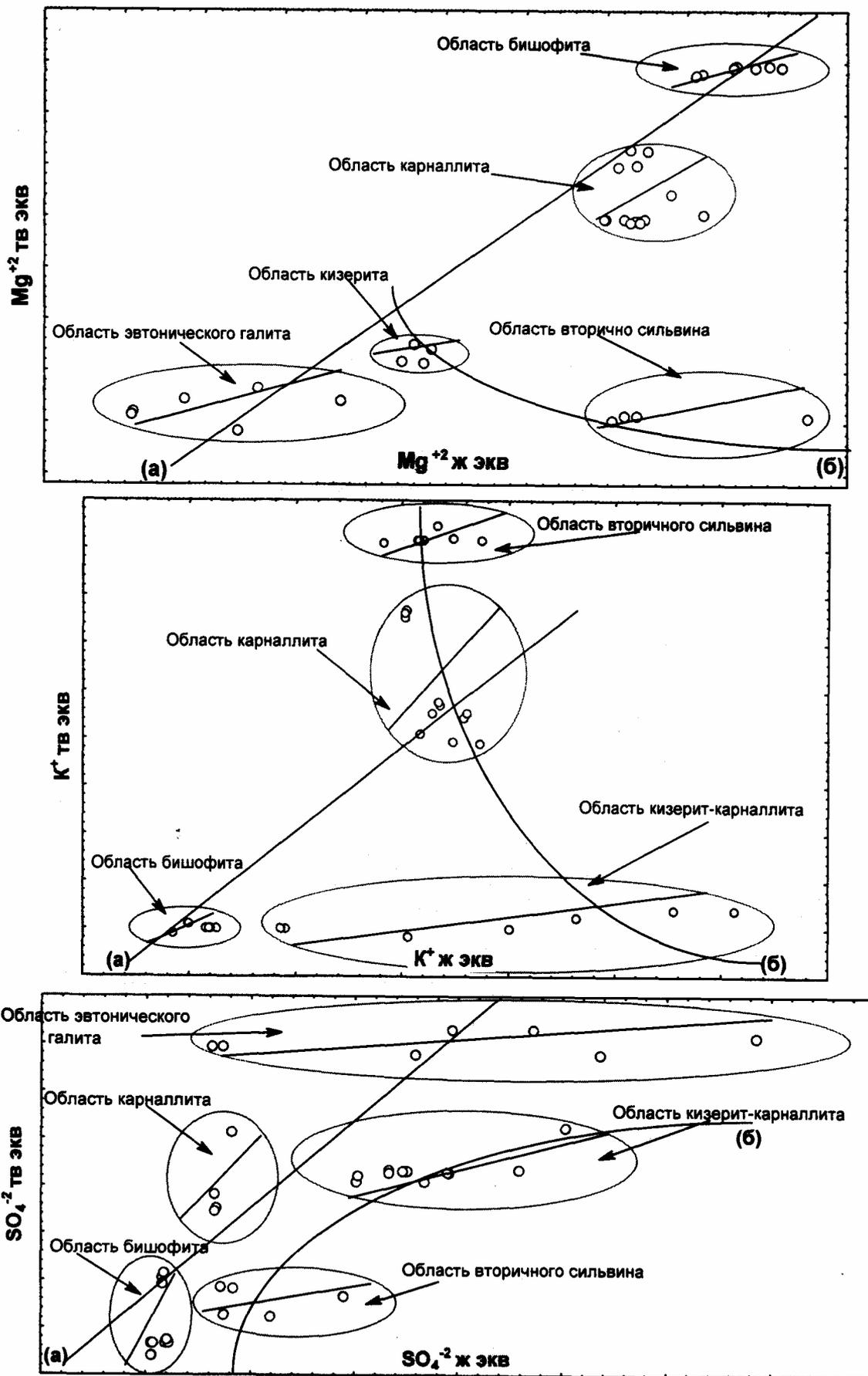


Рис. 3. Графики зависимости содержания ионов калия, магния и сульфата в жидкой и твердой фазах (Краснокутский участок, скв. 1 К-К)

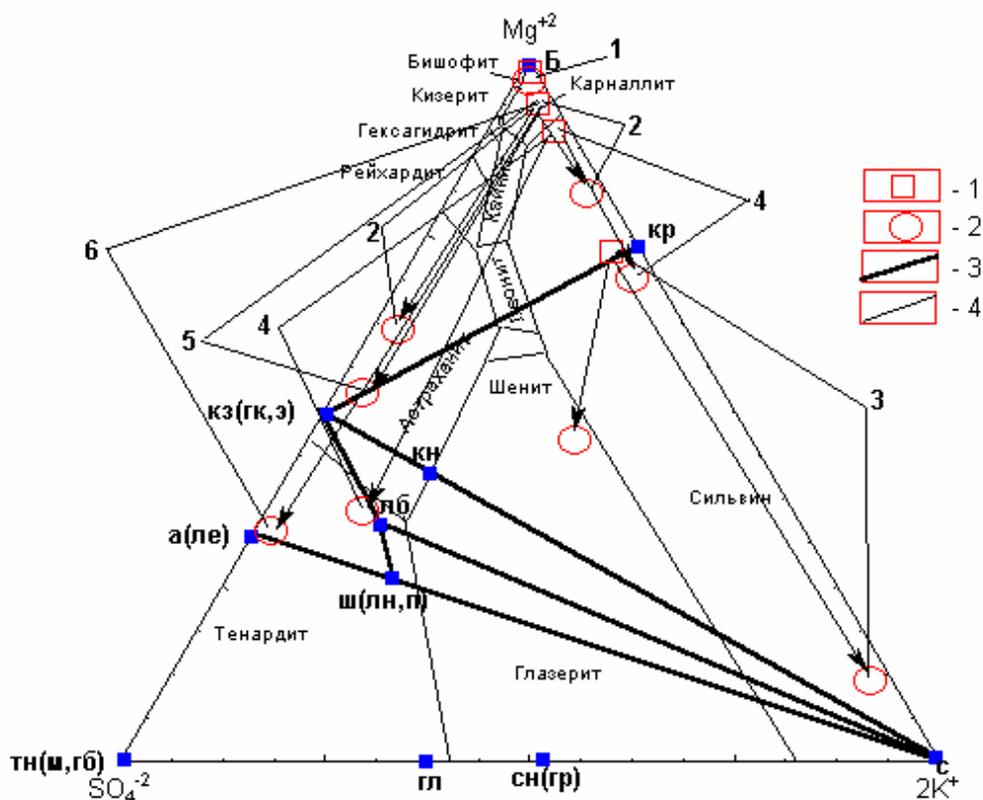


Рис. 5. Расположение фигуративных точек состава растворов погожского калийного бассейна (УМХА-1) и парагенезиса калийно-магниевых солей (ХА-2) на совмещенных диаграммах парагенезиса солей галогенных отложений сульфатного типа (3) и водно-солевой системы  $2K^+, 2Na^+, Mg^{+2} // SO_4^{2-}$  (солнечная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

$$\left. \begin{aligned}
 Mg \text{ ж экв} &= 6630,6 + 0,87 * Mg \text{ тв экв} \\
 K \text{ ж экв} &= 577,95 + 0,031 * K \text{ тв экв} \\
 SO_4 \text{ ж экв} &= 184,29 - 0,19 * SO_4 \text{ тв экв} \\
 Mg \text{ ж экв} &= 8177,8 + 0,21 * Mg \text{ тв экв} \\
 K \text{ ж экв} &= 453,43 - 0,0044 * K \text{ тв экв} \\
 SO_4 \text{ ж экв} &= 136,5 + 0,059 * SO_4 \text{ тв экв} \\
 Mg \text{ ж экв} &= -22600 + 3,90 * Mg \text{ тв экв} \\
 K \text{ ж экв} &= 267,14 + 0,057 * K \text{ тв экв} \\
 SO_4 \text{ ж экв} &= -222,1 + 12,82 * SO_4 \text{ тв экв} \\
 Mg \text{ ж экв} &= 7702,0 + 0,21 * Mg \text{ тв экв} \\
 K \text{ ж экв} &= 624,2 + 0,03 * K \text{ тв экв} \\
 SO_4 \text{ ж экв} &= 134,48 + 1,33 * SO_4 \text{ тв экв}
 \end{aligned} \right\} \begin{matrix} (4) \\ (5) \\ (6) \\ (7) \end{matrix}$$

После обработки исходных природных данных для использования на других объектах установленных нами связей и зависимостей 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 компонентом в жидкой фазе, мг-экв/л			Содержания компонентом 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

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

Стадии развития (подсистемы)	Расчетные 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
Карналлитовая, (n=35)		9814,61	29,09	0,36	13931,92	0,59
	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
Кизеритовая, (n=25)	440,61	10502,23	162,50	2914,41	10622,07	439,55
	493,20	8534,38	605,68	3932,83	7969,48	64,55
	493,20	8534,38	605,68	3932,83	7969,48	64,55
	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
Сильвинитовая (n=37)	521,64	8259,26	477,75	4427,59	7899,06	54,58
	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
Вторичного сильвина, (n=43)	718,93	6665,59	177,42	4467,10	40,16	35,64
	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 эвапориовой 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*.