

ХИМИКО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНЫХ СОЛЯНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

И.И. Чайковский

Горный институт УрО РАН, г.Пермь

Аннотация: Обработка 416 химических анализов первичных соляных пород показала, что основными компонентами, слагающими толщу Верхнекамского месторождения, являются хлориды натрия, калия и магния (галит, сильвин и карналлит) и нерастворимый остаток, представленный главным образом глинистыми минералами. Отмечено, что пласты, сложенные калийными и калийно-магниевыми солями, не являются мономинеральными и содержат постоянную примесь галита, обусловленную строением годового слоя (снизу вверх) – перистый галит, сильвин (или карналлит), зернистый галит. Максимальное содержание карналлита в пластах достигает 90, а сильвина 53 мас.%. Установлено, что вариации состава первичных соляных пород связаны с проявлением двух основных трендов: опреснением водами суши (ряд галитит – глина рассолонасыщенная) и эвапоритизацией (галитит – сильвинит или карналлитит). Предполагается и незначительное влияние контаминации эоловым материалом во время отложения калийно-магниевых солей. Показано, что одно крупное опреснение с привнесом терригенного материала с суши произошло во время накопления подстилающей каменной соли (глинистый пласт МГ), среднее (или средние) – во время сильвинитовой садки и более мелкие при осаждении карналлита. Несмотря на локальные события (опреснение и поступление эолового материала), общая эволюция хемогенной седиментации в Соликамском палеобассейне на регрессивной стадии проявилась в смене галитовой садки сильвин-галитовой и галит-карналлитовой. Последующее погружение бассейна и интервенция морских вод сделали невозможным отложение бишофита, место которого занял галит.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение солей, литохимия, эвапоритизация, опреснение.

Галогенная толща Верхнекамского месторождения сложена (снизу-вверх) подстилающей каменной солью (ПдКС), сильвинитовой (СЗ) и карналлититовой (КЗ) зонами, покровной каменной солью (ПКС). Сильвинитовые и карналлититовые пласты в соответствующих зонах переслаиваются с соляными (т.н. межпластовые галититы). Наблюдаемая последовательность отличается от ряда Вант–Гоффа–Курнакова–Валяшко только отсутствием эпсомитовой (перед сильвиновой) и бишофитовой (после карналлитовой) зон [2], что объясняется обессульфаченностью (метаморфизмом) вод и незавершенностью эвапоритового процесса. В целом месторождение сложено соляными породами относительно простого состава, что позволяет использовать его в качестве эталона (литотипа), для химической типизации пород.

В связи с необходимостью классификации соляных пород Я.Я. Яржемским и др. [1] была предложена типизация, основанная на содержании сильвина, количество которого определялось в петрографических шлифах в объемных %. Породы сложенные галитом и сильвином по мере роста содержания последнего слагают следующий ряд: галит с примесью сильвина (0-5), галитит сильвинсодержащий или бедный (5-15), сильвинит (нормальный) (15-50), сильвинит богатый (более 50 %). Породы сложенные галитом и карналлитом по мере роста содержания последнего слагают следующий ряд: галитит с примесью карналлита (0-5), галитит карналлитсодержащий (5-15), галит-карналлитовая порода (15-50), карналлитит (более 50%).

Однако карналлитит- или сильвинитсодержащие пласты сложены несколькими десятками (до сотни и более) годовых слоев, состоящих в свою очередь из слоев скелетно-перистого галитита, сильвинита (или карналлитита) и зернистого галитита. Скелетно-перистая соль может подстилаться тонким слоем глинистого материала (иногда с желваками ангидрита) или содержать эти нерастворимые компоненты в виде рассеянной вкрапленности. В практике химического опробования соляных месторождений пробы отбирают по интервалам разреза содержащим (или не содержащим) сильвин,

карналлит, бишофит или другой полезный минерал (полигалит, каинит и др.). Таким образом, литологическая типизация по шлифам не отражает реального соотношения породообразующих минералов в пластах.

Для устранения этого противоречия и выявления основных тенденций изменения химического состава было использовано 416 химических анализов, выполненных в аккредитованной лаборатории ООО «Персил», г. Березники. Они отобраны в южной, наиболее глубокой части месторождения наименее подверженной эпигенетическим изменениям, на участке, характеризующемся отсутствием вторичных галититов и пестрых сильвинитов, из скважин, расположенных в пределах одного небольшого разведочного участка, что позволило уменьшить вариации состава в связи с фациальными изменениями. Опробование проведено по 69 интервалам разреза длиной от 20 см до 7 м, отвечающим однородным литологическим разностям от верхней части подстилающей каменной соли, до нижней части покровной каменной соли.

Результаты химического анализа выражались в ионной (K, Na, Ca, Mg, HCO₃, Cl, SO₄, Br, H₂O крист. H₂O гигр. Н.О. (водн.)) и солевой (KCl, NaCl, MgCl₂, CaCl₂, CaSO₄) форме. Содержания CaCl₂ не превышают 0,6, а Br и MgSO₄ – 0,2 мас.%, что позволяет опустить их из классификационных признаков. Вариации значимых компонентов показаны в таблице.

Таблица

Вариации химического состава соляных толщ
Верхнекамского месторождения, мас.%

| Толщи | NaCl | KCl | MgCl ₂ | H ₂ O крист. | Н.О. (водн.) | CaSO ₄ |
|-------|-----------|----------|-------------------|-------------------------|--------------|-------------------|
| ПКС | 91,8–95,5 | 0,2–0,21 | 0,2–0,6 | 0,3–0,7 | 1,1–2,4 | 1,3–3,6 |
| КЗ | 6,6–96,4 | 0,1–27,3 | 0,24–31,1 | 0,3–37,7 | 0,5–21,0 | 0,1–5,2 |
| СЗ | 45,4–95,7 | 0,2–51,1 | 0,03–2,18 | 0,03–2,5 | 0,6–35,0 | 0,3–5,0 |
| ПдКС | 90,7–97,6 | 0,02–0,4 | 0,04–0,5 | 0,04–0,9 | 0,5–4,8 | 1,1–3,4 |

В целом по результатам химического анализа видно, что основными минералами, слагающими соляную залежь Верхнекамского месторождения, являются три хлоридных минерала (галит, сильвин и карналлит) и нерастворимый остаток. Содержание сульфата кальция, вероятно несколько выше, поскольку предполагается, что не все количество перешло в водный раствор при подготовке химического анализа, но его содержание по разрезу не сильно различается и не превышает 10 мас.%. Нерастворимый в воде остаток (Н.О. водн.) представлен главным образом глинистыми минералами, в меньшей мере – сульфатами и карбонатами. Содержание кристаллизационной воды находится в прямой связи с содержанием хлорида магния (и калия) и связано в составе карналлита. Таким образом, для типизации пород по химическому составу целесообразно использовать содержания следующих значимых (литогенных) компонентов (NaCl, KCl, MgCl₂, Н.О.)

Построение и анализ диаграммы KCl-NaCl-MgCl₂ позволяет показать, что пласты, сложенные сильвинитами и карналлититами, характеризуются широкими вариациями состава, обусловленным тем, что слагающие их годовые слои характеризуются различным соотношением мощности галита и сильвина (или карналлита). Максимальное содержание сильвина достигает 53, а карналлита 90 мас.%, что связано с существенно большей мощностью слоев карналлита, по сравнению с сильвиновыми. И сильвиниты, и карналлититы характеризуются бимодальным составом, что позволяет их разделить на бедные и богатые.

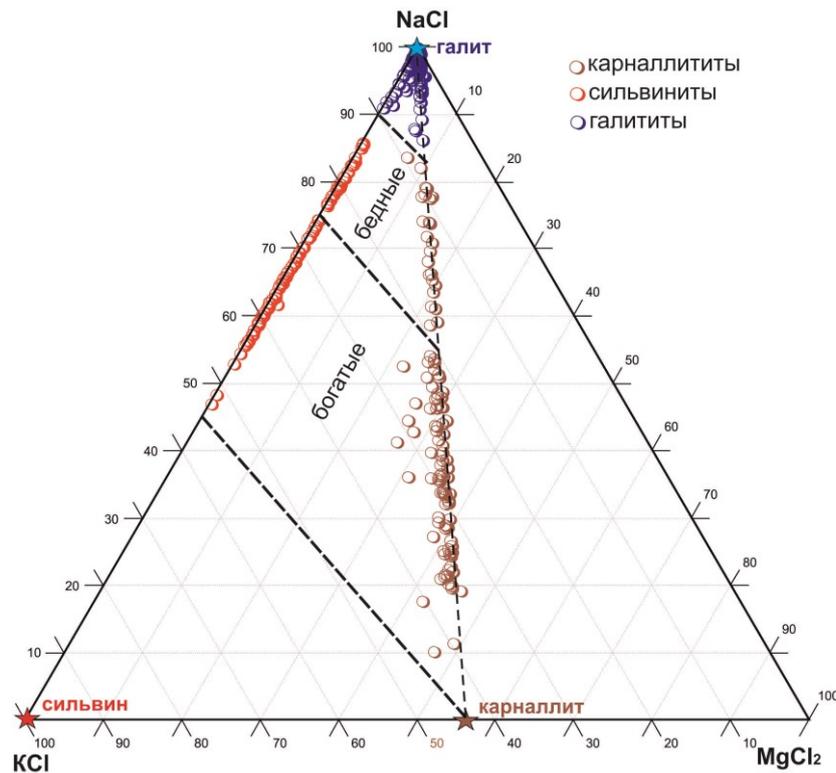


Рис. 1. Соотношение хлоридов калия, натрия и магния (мас. %) в первичных соляных породах Верхнекамского месторождения. Звездочками показаны теоретические составы минералов

Использование диаграммы $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}-\text{KCl}$ для сильвинитовой зоны (рис 2а), покровной и подстилающей каменной соли, а также диаграммы $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}-(\text{KCl}+\text{MgCl}_2+\text{H}_2\text{O}_{\text{окр}})$ для карналлититовой зоны (рис. 3а) позволяет отметить следующее. Наиболее чистыми в отношении посторонних примесей являются галититы покровной и подстилающей каменной соли. Содержание галопелитового материала не превышает в них 3 и 5 мас.% соответственно. Исключением является пласт, существенно глинистого состава, который называется маркирующим горизонтом (пласт МГ). Составы галититов сильвинитовой и карналлититовой зон характеризуются более существенной примесью глинистого материала: до 35 и 23 мас. %, соответственно. С ростом содержания нерастворимого остатка в этих породах возрастает и содержание хлорида калия (в сильвинитовой зоне) и хлоридов калия и магния (в карналлититовой), что может отражать наличие нормативного сильвина и карналлита в рассоле сорбированном глинистой фракцией. Для составов сильвинитов и карналлититов, в целом, характерно уменьшение примеси нерастворимого остатка с уменьшением содержания галита, хотя отмечаются незначительное количество проб выбивающиеся из этой закономерности.

Таким образом, составы соляных пород Верхнекамского месторождения локализованы вдоль линий галитит – глина рассолонасыщенная (галопелит) и галитит – сильвинит (или галитит-карналлитит), которые могут быть обусловлены привнесом терригенного материала пресными водами суши и эвапоритизацией, соответственно. То есть общая последовательность отложения солей от натриевых к калиевым, а затем калийно-магниевым осложнялась не только сезонной цикличностью, но и более крупной, связанной с эпизодическим, но более значительным притоком в бассейн водно-глинистого материала. Составы сильвинитов и карналлититов с повышенным содержанием нерастворимого остатка при низком содержании галита, могут быть связаны с привнесом эолового материала в засушливые периоды.

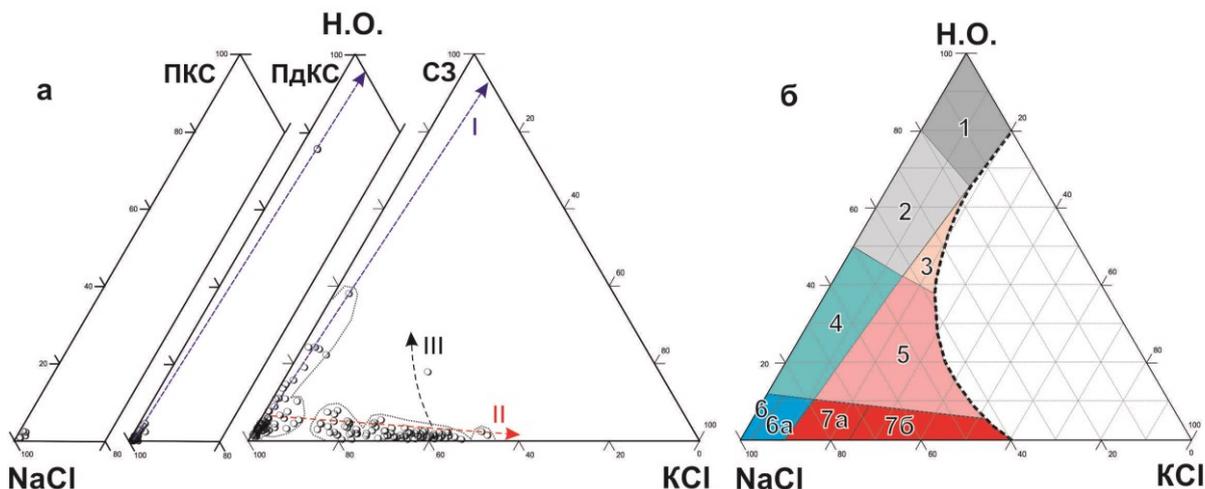


Рис. 2. Соотношение NaCl–H₂O–KCl (а) и предлагаемая литологическая типизация (б) пород, слагающих толщи Верхнекамского месторождения: ПКС – покровная каменная соль, ПдКС – подстилающая каменная соль, СЗ – сильвинитовая зона. Поля пород: 1 – глина рассолонасыщенная (галопелит); 2 – глина галитовая; 3 – глина сильвин-галитовая; 4 – галитит глинистый; 5 – сильвинит глинистый; 6 – галитит (в том числе сильвинсодержащий, 6а); 7 – сильвинит (а – бедный, б – богатый). Стрелками показаны основные тренды опреснения (I, галитит – галопелит), эвапоритизации (II, галитит – сильвинит) и контаминации эоловым материалом (III, сильвинит – галопелит)

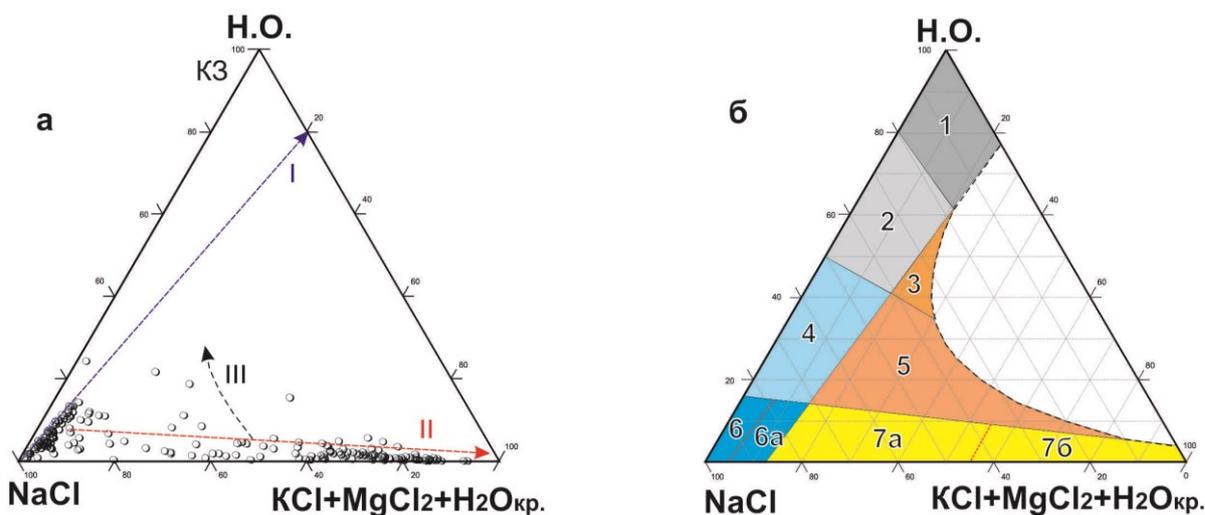


Рис. 3. Соотношение NaCl–H₂O–(KCl+MgCl₂+H₂O_{кр.}) (а) и предлагаемая литологическая типизация (б) пород, слагающих карналлититовую зону (КЗ) Верхнекамского месторождения: 1 – глина рассолонасыщенная (галопелит); 2 – глина галитовая; 3 – глина карналлит-галитовая; 4 – галитит глинистый; 5 – карналлитит глинистый; 6 – галитит (в том числе карналлитсодержащий, 6а); 7 – карналлитит (а – бедный, б – богатый). Стрелками показаны основные тренды опреснения (I, галитит – галопелит), эвапоритизации (II, галитит – карналлитит) и контаминации эоловым материалом (III, карналлитит – галопелит)

Отклонение основных трендов вариации составов от сторон диаграммы и наличие отдельных скоплений (мод) на них позволяет предложить контуры полей пород (рис. 2б, 3б), несколько отклоняющиеся от традиционных (формальных) границ (10, 50, 90 %) проводимых между литологическими разностями, что обусловлено реальными взаимоотношениями компонентов. Кроме того, в пределах некоторых полей проведены дополнительные границы позволяющие разделить галитит от галитита сильвинсодержащего, а в сильвинит и карналлитит – на бедную и богатую разность.

Приведенные в работе [3] графические материалы дают основание полагать, что на Старобинском месторождении содержание KCl достигает более высоких значений, а с

уменьшением примеси NaCl количество нерастворимого остатка несколько возрастает, что может говорить о более значимой роли эоловых процессов. Таким образом, границы полей на предложенной типизации для других месторождений могут быть адаптированы с учетом локальной специфики седиментационных процессов.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00046.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атлас структур и текстур галогенных пород СССР / науч. ред. Я.Я. Яржемский; ВНИИГ. – Л., Недра, 1974. – 231 с.
2. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. – М.: МГУ, 1962. – 397 с.
3. Протопопов А.Л., Петров Е.В. Некоторые особенности постседиментационных преобразований калиеносных пород (на примере Верхнекамского и Старобинского месторождений) // Основные проблемы соленакопления: [сб. ст.]. – Новосибирск, 1981. – С. 59-71.

МЕХАНИКА ГОРНЫХ ПОРОД

УДК 622.83

DOI:10.7242/echo.2020.1.7

ВЛИЯНИЕ БАРЬЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ НА СТЕПЕНЬ НАГРУЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

П.А. Глебова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Методами математического моделирования с целью определения влияния барьерных целиков на элементы камерной системы разработки проведен анализ перераспределения вертикальных нагрузок на основе гипотезы действия веса всей налегающей толщи, а также метода фиктивных целиков. Выполнена оценка устойчивости целиков путем определения их степени нагружения.

Ключевые слова: математическое моделирование, горное давление, барьерные целики, междукамерные целики, степень нагружения.

Правильный выбор системы разработки рудника является первоочередным фактором, обеспечивающим его защиту от затопления.

При освоении калийных и соленых месторождений одной из наиболее применяемых является камерная система разработки с оставлением междукамерных целиков (МКЦ). В этом случае определение их степени нагружения, как критерия устойчивости, в основном базируется на методике Турнера – Шевякова [1, 2], которая нашла широкое практическое применение в инженерной геомеханике. В основе метода лежит предположение, что давление на целики определяется весом столба пород от кровли залежи до земной поверхности и ограниченного осями симметрии камер, прилегающих к целику.

Особенности геологического строения месторождения, таких как большая глубина отработки, или возникновение других сложных проблем приводят к невозможности использования периодической системы междукамерных целиков, в частности за счет существенного увеличения горного давления. В таких случаях отработку целесообразно вести камерной системой разработки с поддержанием вышележащей толщи опорными барьерными разгружающими целиками (БЦ) в сочетании с междукамерными целиками. Характерными примерами могут служить Жезказганское (Казахстан) [3] и Саскачеванское (Канада) [4] месторождения.