

А.Г. Иванов, М.Ю. Мичкова
A.G. Ivanov, M.U. Michkova

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

**СОСТАВ ГАЛОПЕЛИТОВ СОЛЯНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД**

**CONSISTENCE OF GALOPELLITS OF SALT DEPOSITS
AND INFLUENCE PROCESS OF POTASSIUM ORES**

Проведено исследование состава галопелитов различных месторождений калийных солей. Выявлены ассоциации основных породообразующих минералов. Показано, что входящие в них силикаты, карбонаты и поровый раствор следует рассматривать как производные единого процесса взаимодействия материнской рапы бассейнов с привнесенным материалом. Исследование фазового состава галопелитов соляных месторождений позволяет целенаправленно совершенствовать технологию обесшламливания калийных руд.

We have pursued the research of consistence of galopellits in different deposits of potassium of salt. General association of rock-forming minerals was identified. It was shown that silicates, carbonates, dissolution of pores which was included in the rock-forming minerals should be considered as derivatives of common process of interaction of maternal strong brine of bays with superimposed material. Research of phase consistence of galopellits of salt deposits allows purposefully perfection of technology of desludging of potassium ores.

Ключевые слова: галопелиты, минеральные ассоциации, флотация шлама, месторождение калийных солей, генезис минералов.

Keywords: galopellits, mineral association, floatation of sludge, deposits of potassium salt, genesis of minerals.

Одной из характерных особенностей галогенных пород является наличие в их составе сложных гетерогенных образований, называемых галопелитами. Галопелиты представляют собой сложную многофазовую систему, главными компонентами которой являются: силикаты, сульфаты, карбонаты, поровые растворы и органическое вещество. Они содержат до 20 % растворимых в воде соляных минералов. Состав и генезис этих пород недостаточно изучен, что объясняется трудностью исследования тонкодисперсных многофазовых сис-

тем. Большинство исследователей относят карбонаты и сульфаты галопелитов к аутигенным минералам, а основную массу силикатов – к продуктам терригенного сноса, в соответствие с чем считают галопелиты хемогенно-терригенными породами [1, 2].

Галопелиты в значительной степени затрудняют процесс флотационного обогащения калийных руд, сорбируя дорогостоящие флотационные реагенты. Это заставляет искать новые эффективные методы обесшламливания калийных руд, что невозможно без детального исследования состава галопелитов.

В задачи исследования входило: изучить состав и соотношение главных компонентов галопелитов различных по возрасту и химическому типу отложений калийных солей, выявить характерные особенности состава галопелитов и тенденции его изменения по площади разрабатываемых калийных месторождений, установить, может ли состав галопелитов служить индикатором глубины развития процесса галогенеза.

Нами были детально изучены прослои галопелитов Верхнекамского, Старобинского и Стебникского месторождений калийных солей, а также ряд проб галопелитов Индерского, Эльзасского месторождений, бишофитовых отложений Приволжской моноклинали, пласта Стассфурт.

Эльзасское месторождение (палеоген) приурочено к отложениям Рейнского грабена и относится к хлоридному типу. В соленосной толще выделяется два калийных горизонта, состоящих из чередующихся сильвинитовых и галитовых пластов, разделяемых прослоями галопелитов. Образцы галопелитов были отобраны из нижнего калийного горизонта.

Старобинское месторождение (верхний девон) приурочено к крайней северо-западной части Припятского прогиба. Относится к хлоридному типу. В разрезе соленосной толщи выделяются четыре калийных горизонта. Первый, второй и четвертый калийные горизонты сложены ритмично чередующимися слоями каменной соли, сильвинита и галопелитов. В разрезе третьего горизонта кроме перечисленных пород выделяется глинисто-карналлитовая зона. В настоящее время добыча калийных солей ведется по площади третьего и второго калийных горизонтов, галопелитовые прослои которых и служили основным объектом исследования.

Верхнекамское месторождение калийных солей (нижняя пермь) расположено в Соликамской депрессии Предуральяского краевого прогиба. Относится к хлоридному типу. В отличие от Эльзасского и Старобинского месторождений, на Верхнекамском в верхней части разреза продуктивной калийной залежи развита мощная толща карналлитовых пород. Отработка калийной залежи ведется по трем промышленным пластам, представленным сильвином, галитом и местами карналлитом (пласт Б). В кровле пластов зале-

гают прослои галопелитов (до 15 см), которые служили основными объектами исследования.

Территория Приволжской моноклинали является зоной развития эвтонических отложений солей нижнепермского возраста. В верхней части разреза соленосной толщи обнаружены мощные пласты бишофитовых пород, из которых были отобраны пробы галопелитов.

Стебникское месторождение приурочено к отложениям миоцена Предкарпатья и относится к сульфатному типу. Калийные пласты не выдержаны по мощности. Они сложены полиминеральными породами, в состав которых входит наряду с галитом лангбейнит, каинит, сильвин, кизерит, карналлит, а на отдельных участках – леонит, эпсомит, глазерит, астраханит. Образцы галопелитов отбирались непосредственно из калийных пластов, а также из вмещающих пород, представленных соленосными глинистыми брекчиями с галитовым цементом и, в меньшей степени, засоленными аргиллитами, алевролитами, глинами и песчаниками с прослоями галита.

Индерское месторождение (нижняя пермь) расположено в пределах Урало-Эмбенской солянокупольной области. Относится к сульфатному типу. Объектами изучения были вскрытые шахтными выработками горизонты борно-калийных солей. К основным литологическим разновидностям пород месторождения относят каменную соль, сильвиниты различного состава, каинитовые и карналлитовые породы.

Калийный пласт Стассфурт приурочен к верхнепермским отложениям 2-го цикла цехштейна, сложен преимущественно хартзальцем и кизерит-карналлитовой породой. В кровле пласта залегает серая соленосная глина, пробы которой были отобраны для исследования.

При выполнении работы был использован комплекс современных методов исследования, который позволил охарактеризовать состав и соотношение всех основных компонентов галопелитов в их естественном состоянии. Комплекс методов исследования включал: гранулометрический, фазовый химический, рентгенофазовый, дифференциальный термический, спектральный анализ и электронную микроскопию.

Гранулометрический анализ показал, что основная часть нерастворимых в воде остатков галопелитов (н.о.) сложена фракциями менее 0,05 мм, причем гранулометрический состав галопелитов краевых частей бассейнов аналогичен их составу из центральных участков. Оптическое изучение состава крупных фракций показало, что они представлены зернами карбонатов и сульфатов, а также агрегатами зерен различного состава. Силикаты явно обломочно-го происхождения: слюды, полевые шпаты, кварц и аксессуарные минералы – составляют ничтожную часть.

Содержание поровых растворов, по данным фазового химического анализа галопелитов, составляет в среднем 20–25 %. Растворы высокоминерализованы (до 330 г/кг) и имеют слабокислую реакцию ($pH = 5 \dots 6$). Обращает на себя внимание высокое содержание растворенного кремнезема. Поровые растворы Верхнекамского, Старобинского и Эльзасского месторождений относятся к хлоридному типу, а поровые растворы Стебникского, Индерского месторождений и пласта Стассфурт относятся как к сульфатному типу, так и к хлоридному. Причем растворы с высоким содержанием солевых минералов вблизи рудных тел относятся к сульфатному типу, а галопелитов вмещающих пород с небольшим содержанием водорастворимых солей – преимущественно к хлоридному типу. По своим геохимическим характеристикам большинство поровых растворов названных месторождений могут считаться захороненной рапой солеродного бассейна, претерпевшей в процессе диагенеза отложений метаморфизацию разной степени интенсивности.

Водорастворимые соли в галопелитах месторождений хлоридного типа представлены в основном галитом, а в месторождениях сульфатного типа – галитом и полигалитом. Кроме того, присутствуют другие соляные минералы, ассоциации которых определяются составом вмещающих соляных пород. Количество водорастворимых солей в галопелитах колеблется в широких пределах (5–20 %).

Содержание органического вещества в нерастворимых в воде остатках галопелитов составляет 0,5–3 %. Наибольшее его количество (2–3 %) установлено в галопелитах Верхнекамского месторождения. Органическое вещество состоит в основном из углистого материала и битумов.

Карбонатные минералы представлены доломитом, магнезитом и кальцитом. Они присутствуют во всех фракциях, вплоть до самых тонких. Для н.о. галопелитов месторождений хлоридного типа характерно более высокое содержание карбонатов (20–25 %) по сравнению с месторождениями сульфатного типа (5–15 %). Под электронным микроскопом крупные кристаллы карбонатов имеют формы основных ромбоэдров. Главная масса карбонатов представлена сростками пластинчатых зерен размером 0,1–10 мкм. Кристаллы достигают размера 0,1 мм.

Сульфаты представлены главным образом ангидритом. Его количество колеблется в широких пределах (1,5–30 % н.о.). Значительная часть ангидрита слагает шаровидные и линзовидные агрегаты размером 0,1–5 мм.

Силикаты являются преобладающими компонентами н.о. галопелитов. В месторождениях сульфатного типа они составляют 80–90 % н.о., а в месторождениях хлоридного типа – 50–60 %. Силикатная часть галопелитов всех исследованных месторождений представлена следующими основными минералами: гидрослюдой, калиевым полевым шпатом (Кпш), кварцем и хлори-

том. Гидрослюда является одним из самых распространенных минералов и фиксируется во всех изученных пробах. Однако ее количество в нерастворимых остатках после солянокислой обработки для различных месторождений неодинаково. Наибольшее количество гидрослюды обнаружено в нижних горизонтах Старобинского и Эльзасского месторождений, где она является основным силикатным минералом. В галопелитах Верхнекамского месторождения и Приволжской моноклинали гидрослюда составляет небольшую часть. Под электронным микроскопом она наблюдается в виде сгустков частиц коллоидальных размеров. Большинство чешуек имеет размытую форму, но иногда фиксируются и ограненные частицы.

Кпш также широко распространен. Силикатная часть галопелитов Верхнекамского месторождения почти целиком сложена этим минералом. Значительные количества Кпш присутствуют в галопелитах верхних горизонтов Старобинского, Индерского месторождений и пласта Стассфурт. Используя методы определения состава и степени упорядоченности полевых шпатов, удалось установить, что тонкие фракции галопелитов содержат только Кпш (степень триклинности равна нулю), который по степени моноклинной упорядоченности занимает промежуточное положение между ортоклазом и санидином. Исследование под электронным микроскопом показало, что Кпш образует агрегаты мелких столбчатых, часто хорошо ограненных кристаллов размером 1–10 мкм.

Кварц является постоянным компонентом силикатной части галопелитов. Наибольшее его количество наблюдается в галопелитах Приволжской моноклинали и Стебникского месторождения. Под электронным микроскопом часто наблюдаются розетковидные скопления кварца и одиночные кристаллы с развитыми гранями главных ромбоэдров. Иногда наблюдаются псевдоморфозы кварца по слоистым силикатам.

Хлорит, как и гидрослюда, образует агрегаты чешуйчатых частиц коллоидальных размеров. Наибольшее количество этого минерала установлено в галопелитах Стебникского и Индерского месторождений. Хлорит относится к железистой разновидности (слабые отражения нечетных порядков).

Проведенное исследование выявило ассоциации основных породообразующих минералов н.о. галопелитов (таблица). Полученный фактический материал дает основание предположить, что в ходе прогрессирующего развития процесса галогенеза в бассейнах с нормальной или в различной степени метаморфизованной морской рапой наблюдается смена минеральных ассоциаций не только соляных пород, но и сопутствующих им галопелитов. Отмечается тенденция к увеличению магнезиальности карбонатов, которая проявляется в последовательной смене ассоциаций (кальцит + доломит-доломит – доломит + магнезит – магнезит). Одновременно с повышением магнезиальности карбонатов в галопелитах увеличивается количество ангидрита. Кроме того,

происходит качественное и количественное изменение в составе силикатных минералов. Так, ассоциация гидрослюда + доломит + кальцит + ангидрит, характерная для нижних горизонтов Старобинского и Эльзасского месторождений, в верхних горизонтах сменяется ассоциацией гидрослюда + Кпш + доломит + ангидрит. В галопелитах Верхнекамского месторождения, где карбонаты обладают значительно большей степенью магнезиальности, распространена ассоциация Кпш + доломит + ангидрит. В галопелитах эвтонической стадии галогенеза (Приволжская моноклинал) преимущественно развита ассоциация ангидрит + магнезит + кварц. Качественный состав ассоциаций не зависит от мощности прослоев.

Ассоциации основных породообразующих минералов галопелитов

Характеристика отложений			Состав галопелитов		
Месторождение	Тип	Стадия	Силикаты	Карбонаты	Сульфаты
Эльзасское, нижний калийный горизонт	Хлоридный	Сильвинитовая	Гидрослюда	Кальцит, доломит	Ангидрит
Старобинское, второй калийный горизонт	Хлоридный	Сильвинитовая	Гидрослюда	Кальцит, доломит	Ангидрит
Старобинское, третий калийный горизонт	Хлоридный	Карналлитовая	Гидрослюда, калиевые полевые шпаты	Доломит	Ангидрит
Верхнекамское, подстилающая соль	Хлоридный	Галитовая	Калиевые полевые шпаты	Доломит	Ангидрит
Верхнекамское, Сильвинитовая толща	Хлоридный	Сильвинитовая	Калиевые полевые шпаты	Доломит, магнезит	Ангидрит
Верхнекамское, Карналлитовая толща	Хлоридный	Карналлитовая	Калиевые полевые шпаты	Доломит, магнезит	Ангидрит
Приволжское, Бишофитовая толща	Хлоридный	Бишофитовая	Кварц	Магнезит	Ангидрит
Индерское	Сульфатный	Сильвинитовая	Гидрослюда, хлорит, калиевые полевые шпаты	Доломит, магнезит	Ангидрит
Стебникское	Сульфатный	Сильвинитовая	Кварц, гидрослюда, хлорит	Доломит, магнезит	Ангидрит
Пласт Стассфурт	Сульфатный	Сильвинитовая	Гидрослюда, хлорит, калиевые полевые шпаты	Доломит, магнезит	Ангидрит

Установленные тенденции в смене минеральных ассоциаций галопелитов, ограниченный набор слагающих их минералов, идентичность гранулометрического состава, а также морфологические особенности отдельных кристаллов дают основание считать все основные минералы галопелитов (включая силикаты) аутигенными, т.е. образовавшимися под непосредственным влиянием рапы солеродных бассейнов при диагенезе и катагенезе. Следовательно, особенности минерального состава галопелитов можно использовать как геохимический показатель палеоусловий развития солеродных бассейнов.

Проведенное исследование выявило различия в минеральных составах галопелитов различных месторождений. Они, безусловно, оказывают влияние на процессы шламовой флотации калийных руд. В рудах Старобинского месторождения в силикатной части галопелитов преобладают слоистые силикаты – гидрослюда и хлорит, а в рудах Верхнекамского – калиевые полевые шпаты с каркасовым мотивом структуры. Адсорбционные характеристики этих минералов существенно отличаются. Это необходимо учитывать при подборе реагентов для флотации шламов.

Список литературы

1. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / УрО РАН, Горный институт. – Пермь, 2001. – 429 с.
2. Третьяков Ю.А. Состав карбонатов и гидрослюды в отложениях зон разубоживания Верхнекамского месторождения // Труды Всесоюзного НИИ галургии. – 1974. – Вып. 68. – С. 86–96.

Получено 25.03.2014

Иванов Александр Георгиевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ПНИПУ, ГНФ, e-mail: gng@pstu.ru.

Мичкова Марина Юрьевна – студентка, ПНИПУ, ГНФ, гр. ГНГ-11-1, e-mail: mimar@inbox.ru.