

показывают, что биологический и фитологический методы более отличаются при проведении первой санации; при выполнении повторных исследований различие в эффективности этих методов сглаживается.

Выполненный анализ показывает, что эффективность проведенных работ по санации на опытном участке АО "Нефтехимик" по комплексному параметру составляет 75%. Вышеприведенную модель можно использовать при оценке эффективности санации на данной территории.

Таким образом, процесс санации можно описать вышеприведенными математическими моделями. Они позволяют прогнозировать эффективность процесса санации по разным показателям и на разных этапах (как до начала проведения работ, так и в процессе их выполнения). С практической точки зрения путем воздействия на те или иные компоненты системы (с помощью изменения технологии санации) можно управлять самим процессом.

Библиографический список

1. Галкин В.И., Середин В.В., Бачурин Б.А. Применение вероятностно-статистических моделей при изучении распределения углеводородов в грунтах и выборе технологий их санации/Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1999.
2. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. М., 1969.
3. Шарапов Н.П. Применение математической статистики в геологии. М., 1971.

Получено 08.01.99.

УДК 552.52

А. Г. Иванов (Пермский государственный технический университет)

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ ГАЛОПЕЛИТОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Выявлен состав парагенетических ассоциаций минералов галопелитов различных месторождений калийных солей. Установлено, что состав парагенезисов определяется составом рапы и может служить показателем палеоусловий развития солеродных бассейнов.

Галопелиты в отложениях калийных солей представляют собой сложную многофазовую систему, в состав которой входят силикаты, карбонаты, сульфаты, растворимые в воде соли, поровый раствор и органическое вещество. Содержание этих компонентов колеблется в широких пределах, однако силикатная составляющая в целом является преобладающей. Большинство исследователей относит карбонаты и сульфаты к хемогенным минералам, а основную массу силикатов к продуктам терригенного сноса, в соответствии с чем считают галопелиты хемогенно-терригенными породами.

Нами были детально изучены прослой галопелитов Верхнекамского (P_1), Старобинского (D_3) и Стебникского (N) месторождений калийных солей, а также ряд проб галопелитов Индерского (P_1), Эльзасского (Pg) месторождений, бишофитовых отложений Приволжской моноклинали (P_1), пласта Стассфурт (P_2). В ходе исследований применялись следующие анализы: гранулометрический, фазовый химический, рентгенофазовый, дифференциальный термический, инфракрасная спектроскопия, растровая и просвечивающая электронная микроскопия.

Гранулометрический анализ показал, что основная часть (более 90%) нерастворимых в воде остатков (н.о.) галопелитов сложена фракциями меньше 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 главным образом зернами карбонатов и сульфатов, а также агрегатами зерен различного состава. Силикаты явно обломочного происхождения - слюды, полевые шпаты (ПШ), кварц и акцессорные минералы - составляют ничтожную часть.

Содержание водорастворимых солей и поровых растворов, по данным фазового химического анализа галопелитов различных месторождений, составляет в среднем 20—30%. Поровые растворы Верхнекамского, Старобинского и Эльзасского месторождений относятся к хлоридному типу и представляют собой высокоминерализованные рассолы (до 330 г/кг) с преимущественным содержанием хлоридов Са и Mg. Поровые растворы Стебникского, Индерского месторождений и пласта Стассфурт относятся как к сульфатному типу, так и к хлоридному.

Карбонатные минералы представлены главным образом доломитом, магнезитом и кальцитом (таблица). 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. Основная масса карбонатов представлена сростками пластинчатых зерен размером 0,1-10 мкм. Кристаллы достигают размеров 0,1 мм.

Сульфаты представлены главным образом ангидритом. Количество его колеблется в широких пределах (1,5—30% н.о.). Значительную часть ангидрита слагают шаровидные и линзовидные микрозернистые агрегаты размером 0,1-5 мм.

Силикаты являются преобладающими компонентами н.о. галопелитов. В месторождениях сульфатного типа они составляют 80-90% н.о., хлоридного типа — 50-60%. Силикатная часть галопелитов всех исследованных месторождений представлена следующими основными минералами: гидрослюдой, калиевым полевым шпатом, кварцем и хлоритом. 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 галопелитах нижних горизонтов Эльзасского и Старобин-

ского месторождений, где она почти целиком слагает тонкие фракции (рисунок).

Ассоциации основных породообразующих минералов галопелитов в отложениях калийных солей

Месторождение	Тип	Стадия галогенеза	Состав галопелитов		Степень магнетизности карбонатов
			Силикаты	карбонаты	
Эльзасское, Нижний калийный горизонт	Хлоридный	Сильвиновая	Гидрослюда	Кальцит, доломит	0,20 – 0,40
Старобинское: Нижние калийные горизонты	«	Сильвиновая	Гидрослюда	Доломит, кальцит	0,35 – 0,45
Верхние калийные горизонты		Карналлитовая	Гидрослюда, КПШ	Доломит	0,50 – 0,55
Верхнекамское Подстилаящая каменная соль	«	Галитовая	КПШ	Доломит	0,50 – 0,60
Сильвинитовая толща		Сильвиновая	КПШ	Доломит, магнезит	0,60 – 0,80
Карналлитовая толща		Карналлитовая	КПШ	Магнезит, доломит	0,70 – 0,90
Приволжское, Бишофитовая толща	«	Бишофитовая	Кварц	Магнезит	100
Индерское	Сульфатный	Сильвино-карналлитовая	Гидрослюда, хлорит, КПШ	Доломит, магнезит	0,45 – 0,85
Стебнижское	«	Сильвиновая	Кварц, гидрослюда, хлорит	«	0,45 – 0,80
Пласт Стассфурт, Германия	«	Сильвино-карналлитовая	Гидрослюда, КПШ, хлорит	«	0,45 – 0,85

В галопелитах Верхнекамского месторождения и Приволжской моноклинали гидрослюда составляет ничтожную часть. Под электронным микроскопом она наблюдается в виде сгустков частиц коллоидальных размеров. Большинство чешуек имеет размытые контуры, но иногда фиксируются ограниченные частицы. КПШ также широко распространен. Силикатная часть галопелитов Верхнекамского месторождения почти целиком сложена этим минералом. Значительные количества КПШ присутствуют в галопелитах верхних горизонтов Старобинского месторождения, Индерского 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 (0,29-0,44) занимает промежуточное положение между ортоклазом и санидином. Инфракрасные спектры также соответствуют спектрам КПШ, причем наблюдается наибольшее сходство со спектрами неупорядоченных разновидностей - адуляра и ортоклаза. Электронно-микроскопическое изучение по-

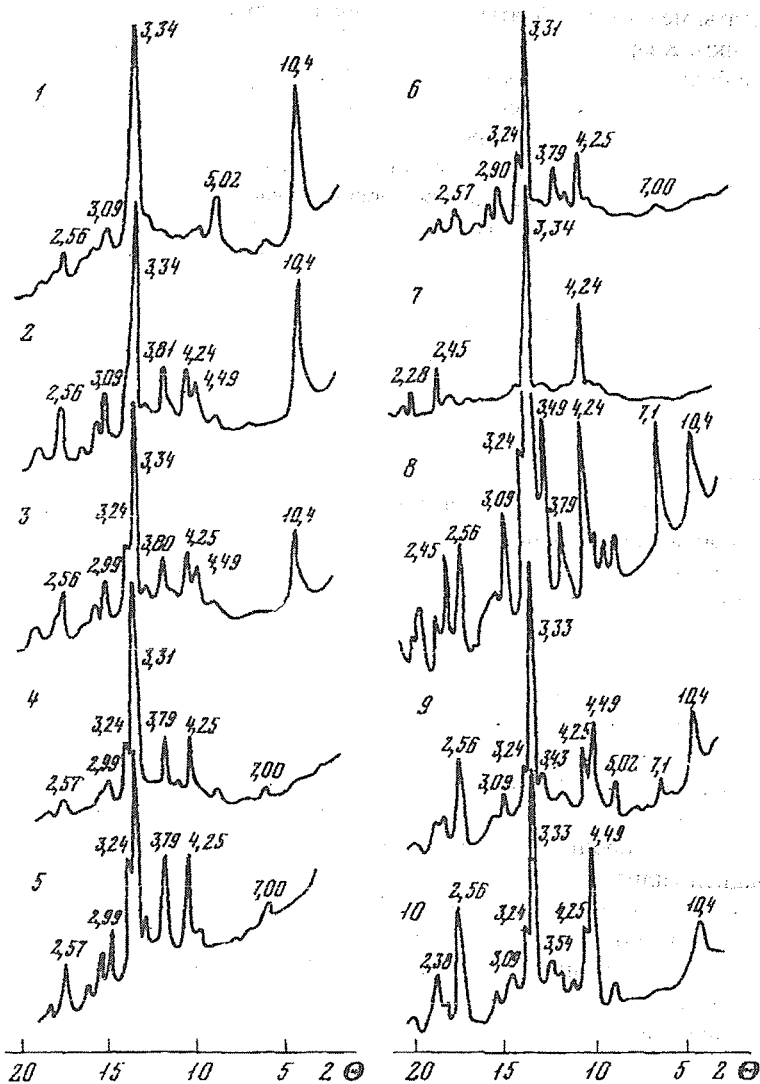


Рис. Дифрактограммы $\text{CuK} - \text{Ni}$ солянокислых остатков галопелитов месторождений калийных солей. 1 - Эльзасское; 2, 3 - Старобинское (2 - нижние калийные горизонты, 3 - верхние калийные горизонты); 4-6 - Верхнекамское (4 - подстилающая каменная соль, 5 - сильвинитовая толща, 6 - карналлитовая толща); 7 - Приволжское; 8 - Стебникское; 9 - пласт Стассфурт; 10 - Индерское

казало, что КПШ образует агрегаты мелких столбчатых, часто хорошо ограненных кристаллов размером 1-10 мкм. Кварц является постоянным компонентом всех фракций галопелитов. Наибольшее его количество наблюдается в Приволжской моноклинали и Стебникском месторождении, где он является основным силикатным материалом. 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. Хлорит относится к железистой разновидности (слабые отражения нечетных порядков). Количественно его определить трудно, так как он легко разрушается при обработке соляной кислотой. Наибольшее содержание этого минерала установлено в галопелитах Стебникского и Индерского месторождений.

Проведенное исследование выявило ассоциации основных породообразующих минералов н.о. галопелитов (см. таблицу). 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 увеличивается количество ангидрита, что особенно характерно для Верхнекамского и Старобинского месторождений. Кроме того, происходит качественное и количественное изменение состава главных силикатных минералов. Особенно хорошо эти тенденции прослеживаются в месторождениях хлоридного типа. Так, ассоциация гидрослюда + доломит + кальцит + ангидрит, характерная для нижних горизонтов Эльзасского и Старобинского месторождений, в верхних горизонтах сменяется ассоциацией гидрослюда + КПШ + доломит + ангидрит. В галопелитах Верхнекамского месторождения, где карбонаты обладают значительно большей степенью магнезиальности, широко распространена ассоциация КПШ + доломит + ангидрит. Качественный состав ассоциаций не зависит от мощности прослоев. В галопелитах эвтонической стадии галогенеза (Приволжская моноклинали) преимущественно развита ассоциация ангидрит + магнезит + кварц.

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, реликты которой обнаруживаются в виде порового раствора.

Получено 15.01.99.