

ности позволяют обосновать выделение нового техногенного типа месторождений благородных металлов [Сметанников, Кудряшов, 2000]. Результаты изучения форм нахождения БМ, минералогии и вещественного состава соляных пород использованы для обоснования технических решений при разработке промышленной технологии переработки шламов для извлечения БМ. Эти решения реализованы в исходных данных для проектирования опытного производства. Разработанная технология является основой для выделения нового геолого-промышленного типа, формирование которого связано с концентрированием БМ в отходах переработки руд.

### Литература

- Иванов А. А., Воронова М. Л.* Верхнекамское месторождение калийных солей. Л.: Недра, 1975. 219 с.
- Петровская Н. В.* О понятии «Парагенетическая минеральная ассоциация» // Геология рудных месторождений. 1967. № 2. С. 69.
- Сметанников А. Ф., Кудряшов А. И.* Содержание и распределение благородных металлов в маркирующей глине Верхнекамского месторождения солей // Геохимия. 1999. № 9. С. 669–672.
- Сметанников А. Ф., Кудряшов А. И.* О выделении новой рудной формации благородных металлов в эвапоритовых отложениях Предуральского прогиба // Металлогения древних и современных океанов–2000. Миасс: ИМин УрО РАН, 2000. С. 221–224.
- Сметанников А. Ф., Филиппов В. Н., Янулова Л. А.* Минеральный состав пигмента сильвинов Верхнекамского месторождения солей // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Маг. регион. науч.-практ. конф. Пермь, 2000. С. 71–72.
- Сметанников А. Ф., Шанина С. Н.* Благородные металлы в солях Верхнекамского месторождения // Записки Российского минералогического общества. 2006. № 3. С. 61–65.
- Сметанников А. Ф.* Об образовании водорода при радиоллизе кристаллизационной воды карналлита и возможные следствия этого явления // Геохимия. 2011. № 9. С. 971–980.

**Т. А. Ярцева**

*Южно-Российский государственный технический университет  
(Новочеркасский политехнический институт), г. Новочеркасск  
yarceva123@rambler.ru*

### **Вариации минералого-геохимических параметров в разрезе соленосной толщи Гремячинского месторождения калийных солей (Волгоградская область)**

(научный руководитель доцент А. А. Бутенков)

Целью работы является выявление особенностей условий накопления соленосной толщи Гремячинского месторождения калийных солей, расположенного в пределах Котельниковского района Волгоградской области. Фактический материал, послуживший основой написания статьи, был собран во время прохождения производственной практики в ОАО «Волга-Калий». Автором пройдены геологические маршруты, задокументирован керн скважин, отобран каменный материал, изучены фондовые и опубликованные источники, обработаны результаты химического и ми-

нералогического опробования, изучены образцы сильвинита. Для вертикального разреза по участку Равнинному (восточный фланг месторождения) по данным химического и минералогического анализа построены графики изменчивости по вертикали содержаний различных компонентов соленосной толщи. Была произведена процедура корреляционного анализа с использованием программы STATISTICA 6.

Гремячинское месторождение расположено в северной части Ергенинской возвышенности, на левобережье р. Дон. Оно приурочено к южному окончанию Приволжской моноклинали и находится непосредственно в зоне сочленения докембрийской и эпигерцинской платформ, которая фиксируется серией разрывных нарушений запад-северо-западного простирания. Пограничное положение района определяет специфический характер латеральной и вертикальной структурной зональности Гремячинского месторождения. Структурно-тектонические особенности месторождения позволяют выделить два структурных комплекса по степени тектонической активности: нижний палеозойско-триасовый и верхний мезозойско-кайнозойский. Они разделены стратиграфическим и слабым угловым несогласием [Свидзинский и др., 1986].

Продуктивная толща месторождения входит в состав отложений кунгурского яруса ранней перми. Это галогенная формация, сложенная каменной солью, доломитами, ангидритами, калийными и калийно-магниевыми солями с незначительным количеством терригенного материала. Верхняя граница яруса устанавливается по резкой смене хемогенных отложений терригенными. Кровля кунгурского яруса является маркирующей поверхностью, выделяемой на электрокаротажных кривых. Перерыв в осадконакоплении, предположительно, соответствующий уфимскому и казанскому ярусам верхней перми, фиксируется в основании пермо-триасового комплекса горизонтом ангидритовых брекчий, сцементированных песчано-глинистым материалом.

В период накопления кунгурской галогенной толщи район Гремячинского месторождения принадлежал к периферической части крупнейшего Прикаспийского солеродного бассейна, в котором за это время накопились соленосные отложения мощностью в несколько километров. В пределах Приволжской моноклинали, в основном, осуществлялось накопление карбонатно-сульфатных отложений, периодически сменявшееся галогенезом вследствие внедрения хлоридных рассолов с запада, из основной части солеродного бассейна [Свидзинский и др., 1986].

В связи с периферическим положением Гремячинского месторождения формирование галогенной толщи на его территории происходило в обстановке неоднократного изменения физико-химических свойств рапы солеродного бассейна, в результате чего возникло многократное чередование пластов и слоев различных пород.

Литологические и минералого-петрографические особенности галогенных образований являются следствием сложных закономерных условий седиментогенеза соляных пород из равновесных гидрохимических систем солеродных бассейнов. Накопление осадков в этих системах происходило, как правило, в порядке повышения их растворимости от доломитов, ангидритов, каменной соли до конечных стадий концентрации рассолов – отложений калийных и калийно-магниевых солей (сильвинит – карналлит – кизерит – бишофит). Любое нарушение режима прогрессирующей концентрации рассолов разбавлением сказывается на особенностях минерального состава галогенных отложений, поэтому нередко отмечаются случаи обратного соотношения калийно-магниевых солей, когда менее растворимые минералы залегают

выше более растворимых [Алексеев, 2001]. Это отчасти свойственно и калиеносной толще Гремячинского месторождения, разрез которой завершается сильвинитами.

Анализ графиков распределения параметров соленосной толщи месторождения позволяет выделить три пачки – подстилающую, продуктивную и перекрывающую. Подстилающая толща характеризуется преобладанием в разрезе карналлита с подчиненным содержанием прослоев галита и отдельными прослоями с повышенным содержанием ангидрита. Содержание сильвина невысокое, отмечается лишь два единичных прослоя. Продуктивная часть разреза характеризуется повышенным содержанием сильвина (до 60 % в отдельных прослоях). Здесь выделяются отдельные прослои с повышенным содержанием карналлита. Подчиненное значение имеет галит, в небольшом количестве присутствует ангидрит. Перекрывающая часть разреза представлена, в основном, галитом с прослоями ангидрита и небольшим количеством карналлита.

Состав нижней части описанного разреза (подстилающая и продуктивная пачки) указывает на то, что они образовались на стадии сгущения рапы, а также в начальной фазе стадии опреснения рапы. Перекрывающая толща соответствует стадии опреснения рапы. Стадия сгущения рапы обычно маркируется преобладанием галитовых и калийных солей, а стадия опреснения характеризуется преобладанием каменной соли с ангидритом [Байков, Седлецкий, 1997].

Корреляционный анализ параметров соленосной толщи позволил выявить ряд закономерностей. Наибольший интерес представляет собой связь KCl с сильвином и карналлитом. Это соединение входит в состав обоих минералов, но только сильвин является полезным ископаемым. Выявлено, что наиболее сильная связь у KCl с сильвином (коэффициент корреляции 0.75), с карналлитом связь также положительная, но значительно меньше (0.33). Сильная отрицательная связь выявлена между  $MgCl_2$  и NaCl (-0.81), что практически дублирует такую же отрицательную связь между минералами, содержащими эти соединения – карналлитом и галитом (-0.54), а также между карналлитом и сильвином (-0.38). Это объясняется разными условиями отложения этих минералов, связанными, прежде всего, с разной растворимостью солей. Как известно, растворимость повышается в ряду «ангидрит–галит–сильвин–карналлит–кизерит», вследствие чего эти соли не могли выпасть в осадок одновременно.

Породы описанного разреза являются индикаторами аридного палеоклимата. Аридный литогенез (по Н. М. Страхову) развивается в областях, где отношение среднегодового количества осадков к величине их испарения составляет менее 0.5. Области современного аридного климата охватывают континентальные территории (пустыни, полупустыни, сухие степи и саванны), акватории морей (Каспийское, Красное и др.) и часть областей океанического шельфа. Специфической обстановкой солевого осадконакопления являются себхи (араб. *sebha*) – побережья засушливых зон с отступлением береговой линии внутрь континента и формированием мелководных лагун с высокой соленостью [Алексеев, 2001].

Главными факторами аутигенного минералообразования в аридных условиях, кроме климатического и тектонического, являются состав и концентрация солей в растворе, температура и давление.

Минералы выпадают в осадок из растворов в последовательности, определяемой составом солей, степенью их растворимости, относительным количеством солей в растворе, концентрацией, их влиянием друг на друга. В общем случае по мере упа-

ривания воды солеродного водоема сначала осаждаются труднорастворимые сульфаты (гипс и ангидрит), затем более растворимые соли (галит – сильвинит – карналлит – кизерит – бишофит). По мере выпадения этих солей в осадок возрастает соленость бассейна. Главный способ минералообразования – кристаллизация из пересыщенных растворов.

Выделяют три гидрохимических типа аридных солеродных водоемов: 1) содовый или карбонатный (углекислый); 2) сульфатный (сернокислый); 3) хлоридный [Байков, Седлецкий, 1997].

Изученный нами разрез начал формироваться в водоеме морского типа, который принадлежит к сульфатному классу, но содержит много калия и магния. Галогенез в таких водоемах может быть полным, т.е. начинаться осаждением карбонатов, завершаться садкой хлоридов калия и магния.

Основание толщи, расположенное ниже изученного разреза, сложено доломитами и ангидритами. Они отлагались в интервале солености от 3,5 до 26–27 % в ходе карбонатной и гипсово-ангидритовой стадий (подготовительный этап галогенеза). В дальнейшем происходило нарастание солености раствора до значений 27–32 %, что выражалось в галитовой стадии. Эти соотношения позволяют прийти к выводу о произошедшей метаморфизации рапы, т.е. преобразовании водоема сульфатного типа в хлоридный. Согласно М. Г. Валяшко [Байков, Седлецкий, 1997], прямая метаморфизация вызывает понижение содержания сульфатного иона в растворе, что в конечном итоге вызывало преобразование водоема сульфатного типа в хлоридный и образование бессульфатных калийных солей. При солености выше 32 % накапливаются калий-магниево-натриевые соли, что продолжается до достижения эвтонической точки, т.е. до полного высыхания рапы. Эта стадия заканчивается при минерализации 38–40 % [Байков, Седлецкий, 1997].

В разрезе соленосной толщи сильвиниты залегают выше карналлитов, что противоречит нормальной последовательности их отложения: сильвин должен перекрываться более легко растворимыми карналлитом и кизеритом. Такое залегание могло возникнуть вследствие диагенетических преобразований: сильвиниты вторично образовывались вследствие фильтрации внутрисолевых вод через первичные карналлитовые породы. На влияние диагенетических процессов на породы описываемого разреза также указывает наличие ангидрита, который, как известно, не отлагается путем седиментации, а возникает при диагенезе первичного седиментогенного гипса.

## Литература

- Алексеев В. П.* Литология. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2001. С. 138–150.
- Байков А. А., Седлецкий В. И.* Литогенез. Учебник для студентов геологических специальностей. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 1997. С. 325–400.
- Свидзинский С. А.* Литолого-фациальный анализ галогенной толщи западной части Северного Прикаспия // Новые данные по геологии соленосных бассейнов Советского Союза. М.: Наука, 1986. С. 10–18.
- Свидзинский С. А., Музалевский М. М., Ковальский Ф. И.* Гремячинское месторождение сильвинитов // Новые данные по геологии соленосных бассейнов Советского Союза. М.: Наука, 1986. С. 204–219.