

СТАДИИ ГАЛОГЕНЕЗА ЭВАПОРИТОВ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Введение. Верхнекамское месторождение калийных и калийно-магниевых солей расположено в Пермской обл. России, является крупнейшим в мире по запасам и разрабатывается с 1933 г. К настоящему времени месторождение исследовано по многим научным направлениям, включая тектонику, стратиграфию, минералогию и петрографию, изучены генетические аспекты формирования пород пермского соленосного бассейна Печеро-Камского Предуралья. Данная работа посвящена апробации нового методического подхода к определению стадий и литофаций калийного соленакопления на Талицком участке Верхнекамского месторождения. Актуальность работы связана с проведением в настоящее время доразведки данного участка для подготовки его к эксплуатации.

Методы. Предлагаемый методический подход подробно изложен в [1]. В основе метода лежит положение о стойком парагенезисе садки оксидов Fe, в основном, гематита, с сильвинитами и карналлитами. В результате, калийные и калийно-магниевые соли выделяются красными оттенками пород во всех месторождениях мира. Это свойство калийных солей известно давно и всегда используется в практике геологоразведочных работ. В настоящее время, в связи с развитием компьютерных технологий, появились возможности цветового анализа пород, в т. ч. цифровых фотографий керна скважин. Это позволяет проводить анализ распределения гематита в геологическом разрезе на основе индикаторов цветности пород.

Было предложено два индикатора в цветовом пространстве RGB: R/B—1 и R/G—1. Цветовое пространство RGB (R — красный, G — зелёный, B — синий) особенно подходит для изучения геологических объектов, т. к. основные природные хромофоры чаще всего образуют минеральные пигменты красного, зелёного, жёлтого, бурого, реже синего цвета. Гематит (Fe_2O_3) является очень сильным пигментом красного цвета, что обуславливает высокую чувствительность обнаружения его в породе. С другой стороны, хорошо известно, что закисное Fe является относительно слабым хромофором зелёного цвета, поэтому глины, содержащие закисное Fe, часто обладают зеленоватым оттенком. Предложенные цветные индикаторы хорошо выявляют присутствие гематита в породе и его распределение в геологическом разрезе, что позволяет изучать стадии калийного солеобразования эвапоритов.

Результаты. В строении разреза скв. Талицкая 2ст выделяется нижняя сильвинитовая зона и верхняя карналлитовая [2]. Сильвинитовая зона $\text{P}_1\text{k}_2(\text{br}_3^{\text{sil}})$ залегает в интервале глубин 302,10—316,55 м (мощность 14,45 м). Сильвиниты в этой зоне красные, полосчатые (3—8 см), переслаивающиеся с серой каменной солью (1—5 см) и глинистыми прослоями (1—3 мм). В результате литологических исследований в составе сильвинитовой зоны скв. Талицкая 2ст были выделены пласты: КрIII (нижний, глуб. 309,75—310,60 м, мощн. 0,83 м), пласт КрII (глуб. 306,45—309,85 м, мощн. 3,40 м), пласт КрI (глуб. 304,50—305,15 м, мощн. 0,65 м) и пласт А (верхний, глуб. 302,10—302,95 м, мощн. 0,85 м). Выше залегает карналлитовая зона, которая сложена чередующимися пластами калийно-магниевых солей с индексами от Б до К. Все сильвинитовые и карналлитовые пласты и отдельные слои в составе этих пластов хорошо выделяются по диаграммам распределения гематита. На рисунке 1 представлены диаграммы распределения гематита и гамма-каротажа в сильвинитовой зоне скв. Талицкая 2 ст, а на рисунке 2 приведено сравнение диаграммы гамма-каротажа и гематитового индикатора R/B—1 в карналлитовом пласте И (глуб. 270,60—273,30 м, мощность 2,70 м).

Диаграммы гамма-каротажа и распределения гематита в разрезе качественно совпадают, однако, отмечаются и существенные различия. Основное различие состоит в разрешении этих методов. Аппаратурное окно гамма-каротажа составляет 0,5—1,0 м, а разрешение цифровых фотографий при выполнении данной работы составило 1,43 мм, но может быть и намного выше (до 0,01 мм). Поэтому на диаграмме ГК проявляются только усредненные общие характеристики распределения калиеносных пород. Маломощные калийные слои с достаточно высоким содержанием KCl преобразуются на диаграммах ГК в «сглаженные» широкие пики умеренной интенсивности. Таким образом, большое аппаратурное окно ГК искажает (сглаживает) истинное распределение калиеносных пород в разрезе скважин, а диаграмма «гематитометрии» позволяет уточнить распределение калийных солей в разрезе, особенно в маломощных слоях.

Следует отметить, что гамма-активность карналлита намного меньше, чем у сильвина, т. к. в сильвине содержится 52,5 % K, а в карналлите — 14,1 %. Поэтому карналлитовые пласты в скв. Талицкая 2ст характеризуются активностями 14—18 мкР/час, а сильвинитовые пласты — 35—50 мкР/час. Это позволяет различать пласты этих пород по данным гамма-каротажа. Гематитовый индикатор R/B—1 не показывает

таких резких отличий в карналлитах и сильвинитах, т. к. он не связан напрямую с содержанием К, а определяется присутствием в породах гематита.

Цветной гематитовый показатель $R/B-1$ может рассматриваться как минералогический индикатор аналогичный геохимическому индикатору — бром/хлорному отношению [3]. Этот геохимический индикатор стадий галогенеза используется разными исследователями в разных представлениях: в содержании Br в составе пород, в отношениях $Br/Cl \times 1000$, в отношениях Cl/Br . Бром/хлорный показатель строго применим только к хлоридам, а при изучении сульфатов, карбонатов и глин лучше подходит прямое определение содержания Br. Сопоставление предлагаемых показателей цветности в породах разных стадий галогенеза с хлор/бромным показателем, минерализацией и плотностью рассолов по [3] представлено в таблице. Породы карбонатной, сульфатной и галитовой стадий галогенеза являются сероцветными, с минимальными значениями индекса $R/B-1$. Цветной показатель имеет наибольшее значение 1,9 в тёмно-красных карналлитах. Сильвиниты характеризуются значительными вариациями этого показателя от 0,5 до 1,4, т. к. разные сильвиниты содержат в своём составе разное количество серого галита. Породы, содержащие эпсомит, не встречены в рамках выполнения данной работы, однако можно видеть, что каменная соль со значением показателя $R/B-1$ от 0,2 до 0,5 соответствует эпсомитовой стадии галогенеза. Остается неизученной бишофитовая стадия галогенеза, т. к. бишофиты — легкорастворимые соли и керн этих пород, как правило, не сохраняется.

Таблица — Гематитовые индикаторы различных стадий галогенеза [4]

Стадии галогенеза	Содержание солей, г/кг	Плотность рассола, г/см ³	Индекс Cl/Br	Индекс $R/B-1$	Индекс $R/G-1$
Карбонатная	75	1,03—1,04	300	0,02—0,05	0,001—0,02
Сульфатная	131,4	1,08—1,09	354	0,02—0,05	0,001—0,02
Галитовая	275,27	1,21—1,22	345	0,01—0,2	0,01—0,1
Эпсомитовая	325,76	1,27—1,28	75	0,2—0,5	0,1—0,2
Сильвинитовая	327,6	1,29	57	0,5—1,4	0,2—0,8
Карналлитовая	345,6	1,31	63	1,0—1,9	0,3—1,1
Бишофитовая	371,46	1,33	41—5	Нет данных	Нет данных



Рисунок 1 — Геологический разрез скв. Талицкая 2 и диаграмма ГК



Рисунок 2 — Распределение показателя R/B—1 и диаграмма ГК в карналлитовом пласте II скв. Талицкая 2 ст

Можно видеть, что приуроченность геохимических индикаторов по Вг на разных стадиях галогенеза, в основном, совпадает с распределением гематита. Эффективность показателей по Вг начинает резко проявляться, начиная с эпсомитовой стадии галогенеза, также как и в цветных индикаторах по гематиту. Особенностью цветового анализа стадий формирования калийных и калийно-магниевых солей является возможность представить результаты в виде диаграмм распределения показателей по глубине, аналогично другим геофизическим данным.

1. Самодуров В. П., Гречко А. М., Савченко В. В., Кутырло В. Э. Новый методический подход к выделению литофаций калиеносных галогенных формаций // Проблемы природопользования: итоги и перспективы. Минск: РУП «Минсктиппроект», 2012. С. 322—326.
2. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
3. Валяшко М. Г. Геохимические закономерности формирования калийных солей. М.: Изд-во МГУ, 1962. 398 с.

4. *Носарева С. П.* Формирование и геохимические особенности рассолов Южного Предуралья. Пермь, 2007. 166 с.