

УДК 553.632 (470.53)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА УЧАСТКА ПРИ СОПОСТАВЛЕНИИ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

Кудряшов А.И., Баяндина Э.О.

ООО «Научно-производственная фирма “Геопрогноз”», Пермь, e-mail: geoprognoz@inbox.ru

Сопоставление данных разведки и эксплуатации Верхнекамского месторождения солей показывает, что содержание нерастворимого остатка в сильвинитовых пластах по данным разведки значительно ниже, чем по данным эксплуатации. Причиной занижения является избирательное истирание керна при бурении. Для установления динамики расхождения данных разведки и эксплуатации, как функции от содержания этого компонента в пласте, и получения поправочных уравнений сопоставление следует проводить в пределах множества элементарных участков геохимического поля нерастворимого остатка по отдельным продуктивным пластам. Важным параметром является размер этих участков. Методика определения максимального размера участков основывается на учете однородности геохимического поля этого компонента в их пределах. Экспериментально получено, что площадь участков сопоставления должна не превышать 8 км², а их форма в плане – близка к изометричной.

Ключевые слова: сопоставление данных разведки и эксплуатации, размер участка сопоставления, нерастворимый в воде остаток солей, избирательное истирание керна, коэффициент вариации содержаний, сильвинит, Верхнекамское месторождение солей

DETERMINATION PLOT SIZE WHEN COMPARING DATA EXPLORATION AND EXPLOITATION OF VERKHNEKAMSKOE SALT DEPOSIT

Kudryashov A.I., Bayandina E.O.

LLC «Scientific and Production Company “Geoprognoz”», Perm, e-mail: geoprognoz@inbox.ru

Comparison of exploration and exploitation data of the Verkhnekamskoe salt deposit shows that the content of insoluble in water residue of salts in sylvinit beds according to exploration much more low, than according to exploitation. The understating cause is selective core detrition at drilling. For an establishment of dynamics of discrepancy of the data of exploration and exploitation as from the content of this component in a bed, and receptions of the correction equations comparison it is necessary to make functions within set of surface elements of a geochemical field insoluble in water residue of salts. Important parametre is the dimension of these fields. The procedure of definition of the maximum dimension of fields is based on the account of uniformity of a geochemical field of this component in their limens. Experimentally, it was found that a comparison plot area shall not exceed 8 km², and their shape in the plan – similar to isometric.

Keywords: comparison of exploration and exploitation data, size of a field of comparison of the data, insoluble in water residue of salts, selective core detrition, coefficient of variation of content, sylvinit, Verkhnekamskoe salt deposit

Верхнекамское месторождение солей (ВКМС) является единственной сырьевой базой действующих производств калийной промышленности России. Месторождение представлено гигантской линзой солей нижнепермского возраста площадью 8,2 тыс. км². Прикровельная часть этой линзы представлена калийной залежью – серией продуктивных пластов, чередующихся с пластами каменной соли ($S = 3,75$ тыс. км²).

Пять нижних продуктивных пластов калийной залежи, сложенные красными (пласты КрIII^{а+б} и КрII), полосчатыми (пласт А) и пестрыми (части пластов Б и В) сильвинитами, являются основными рабочими пластами месторождения.

Ценность калийных месторождений хлоридного типа определяется главным образом количеством запасов и качеством сильвинитов, из которых производится калийное удобрение. Качество сильвини-

товых руд характеризуется содержанием в них полезного (KCl) и вредных (MgCl₂, H₂O) компонентов.

Практика освоения месторождения показала, что содержание нерастворимого в воде остатка (Н.О.) в сильвинитовых пластах по данным разведки значительно (иногда на целые проценты) ниже, нежели по данным эксплуатации [2, 4 и др.].

Ранее в перечень параметров кондиций для подсчета запасов сильвинита содержание этого компонента, как правило, не входило (исключение составляют Талицкий и Палашерский участки). Тем не менее содержание Н.О. в этих рудах сильно влияет на степень извлечения полезного компонента при их обогащении и в целом повышает расходы как на переработку руд, так и на размещение (складирование) глинисто-солевых шламов. Главным же является то, что содержание Н.О. в сильвинитовых рудах определяет способ их обогащения. И не

случайно, что в перечне факторов, определяющих эффективность освоения участка ВКМС, содержание Н.О. в рудах промышленных пластов стоит следом за содержанием КС1 [6].

На основании результатов специальных экспериментов, занижение содержания Н.О. по данным разведки В.Ф. Мягков и В.И. Раевский [8, 10] объяснили избирательным истиранием зерна, являющимся постоянным недостатком колонкового бурения скважин. В процессе бурения скважин зерно раскалывается на столбики, основания которых перпендикулярны их оси. Столбики зерна при бурении трутся один о другой основаниями, и за счет их истирания происходит потеря Н.О. из ядерных проб [8].

Разрывы зерна при бурении чаще всего приурочены к прослоям галопелитов. Галопелиты – основной концентратор Н.О. солей, полигенный материал в естественных условиях представляет собой насыщенную рассолами (20–30%) массу, сложенную в основном сульфатами, карбонатами, силикатами, галоидами и органикой. Мощность галопелитовых прослоев в сильвинитовых пластах, а следовательно, и содержание Н.О. увеличивается на месторождении в юго-восточном направлении. В связи с этим проблема занижения данных разведки о содержании этого компонента в силь-

винитовых пластах наиболее актуальна для участков южной части ВКМС.

Ранее авторами работ [7, 10, 11] было предложено несколько поправочных уравнений (рис. 1), при получении которых был допущен ряд методических недостатков [1].

Неуниверсальность этих уравнений не дает возможности использовать их на практике. При относительно высоких содержаниях Н.О. невозможно применение и разработанной более 40 лет назад нормативной методики корректировки содержания Н.О. по данным солеразведочных скважин [11]. Главным же недостатком этих исследований является то, что проведенные сопоставления данных разведки и эксплуатации осуществлялись по средним значениям содержания Н.О. в пластах в пределах отдельных геологических блоков, их серий или по шахтным полям в целом. Естественно, что при этом имелась лишь одна пара значений – среднее содержание Н.О. по данным разведки и среднее содержание Н.О. по данным эксплуатации. Однако этого недостаточно для того, чтобы проследить динамику избирательного истирания зерна в интервале содержания Н.О., встречающихся на месторождении.

Отсюда следует, что практика остро нуждается в получении обоснованных поправочных уравнений для корректировки данных разведки с поверхности.

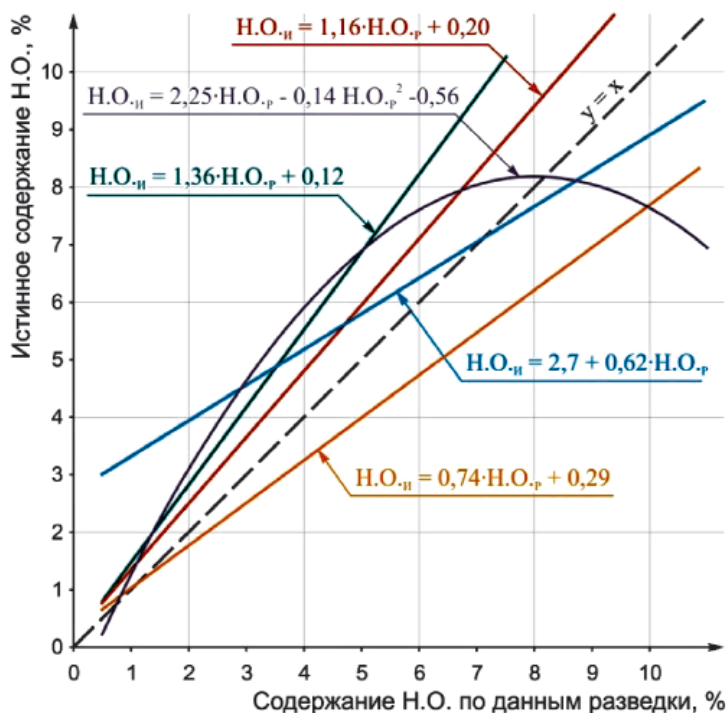


Рис. 1. Графики поправочных уравнений, полученных предшественниками

Для выявления динамики расхождения данных разведки и эксплуатации, как функции от содержания Н.О. в пласте, сопоставление предлагается осуществлять в пределах множества дискретных (элементарных) участков геохимического поля этого компонента, т.е. в пределах относительно небольших по площади частей месторождения. При этом совокупность серии средних содержаний Н.О. по участкам должна отражать весь диапазон содержаний этого компонента, характерный для ВКМС в целом.

В общем случае идеальным является сопоставление каждого значения Н.О. по данным разведки и эксплуатации в сопряженных в плане точках. В условиях разрабатываемого месторождения солей сделать это невозможно, поскольку вокруг каждой скважины, пройденной с поверхности, на уровне рабочего пласта оставляется охранной целик радиусом 50–100 м. Поэтому сопоставлению подлежит одно частное значение, полученное при бурении солеразведочной скважины с поверхности, и среднее значение по серии данных эксплуатационного опробования в точках, расположенных в ближайших окрестностях этой скважины. При этом, в случае сопоставления одного значения содержания Н.О. (по одной солеразведочной скважине) с данными эксплуатации условно принято, что значение геохимического поля этого компонента в пределах участка сопоставления является постоянным. Однако вследствие тренда этого поля (а в южной части ВКМС он имеется всегда) и неизбежных случайных ошибок это условие никогда не выполняется.

В соответствии с современной теорией геостатистики [5, 9 и др.] частное значение любого геологического параметра (отметка кровли геологического тела, мощность пласта, содержание компонентов и т.п.) представляют собой алгебраическую сумму регулярной (закономерной) и случайной составляющих:

$$X_i = X + \varepsilon_i,$$

где X_i – частная оценка признака; X – регулярная составляющая (измеренная без погрешностей); ε_i – случайная составляющая.

В свою очередь на значение ε_i оказывает влияние множество других случайных величин, которые условно можно разделить на природные флуктуации и технические погрешности. В отношении содержания Н.О. природные флуктуации обусловлены:

– неравномерностью накопления в осадке нерастворимых в воде компонентов на стадии седиментогенеза;

– латеральной изменчивостью мощности (в результате гофрировки слоев) и минерального состава галопелитовых прослоев;

– перераспределением в объеме пласта и выносом из него глинистых частиц мигрирующими растворами на стадии эпигенеза;

– вторичным изменением состава продуктивного пласта под воздействием надсолевых вод на стадии гипергенеза [6].

Технические погрешности определения содержаний Н.О. в пробах вызваны:

– потерей керна при бурении скважин;

– ошибками опробования (невыдержанность геометрической базы геологической пробы, отсутствие должной промывки керна от бурового раствора, неряшливый сбор материала при бороздовом опробовании и др.);

– погрешностью подготовки пробы к анализу (разброс обломков при раскалывании крупных кусков керна, недостаточная тщательность очистки оборудования: дробилок, валков, истирательных дисков, сит);

– погрешностью химического анализа на Н.О.

Случайная составляющая обладает значокопеременностью и статистической устойчивостью, поэтому $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$ [9].

Отсюда следует, что чем больше данных по эксплуатационному опробованию, тем достовернее среднее содержание. Однако в действительности мы никогда не знаем истинного значения X , поскольку n всегда $< \infty$.

Важным параметром в нашем случае является размер окрестностей скважины, пройденной с поверхности, то есть участка сопоставления. Этот участок должен быть таким, чтобы в его пределах имелось достаточное количество пунктов эксплуатационного опробования, необходимое для сопоставления, а распределение Н.О. в его пределах должно быть равномерным (это необходимо для получения достоверного среднего значения содержания этого компонента). В качестве меры равномерности содержания Н.О. в пределах участка сопоставления принят коэффициент вариации (V).

В соответствии с нормативными документами [3, 12 и др.] характер распределения компонентов при $V = 30\text{--}40\%$ считается равномерным. В настоящей работе граничное значение V принято равным 33%, которое чаще всего применяется в геологической практике. Вполне понятно, что при четко выраженном тренде геохимического поля значение V будет возрастать с увеличением площади (размера) участка сопоставления

(S). Следовательно, получив зависимость $V=f(S)$, можно найти максимальную площадь, при которой V будет удовлетворять принятому условию – $V \leq 33\%$. В связи с отсутствием общепринятых методик получения функции $V=f(S)$ был использован экспериментальный метод.

По данным бурения скважин с поверхности была построена карта изоконцентра Н.О. основного рабочего пласта КрII для южной части ВКМС. В пределах этой части выделена площадь ($\approx 820 \text{ км}^2$) с наиболее плотной сетью солеразведочных скважин (не более чем $2 \times 2 \text{ км}$), включающая 7 осваиваемых участков месторождения: Быгельско-Троицкий, Березниковский, Дурьманский, Усть-Яйвинский, Балахонцевский, Талицкий и Палашерский (рис. 2).

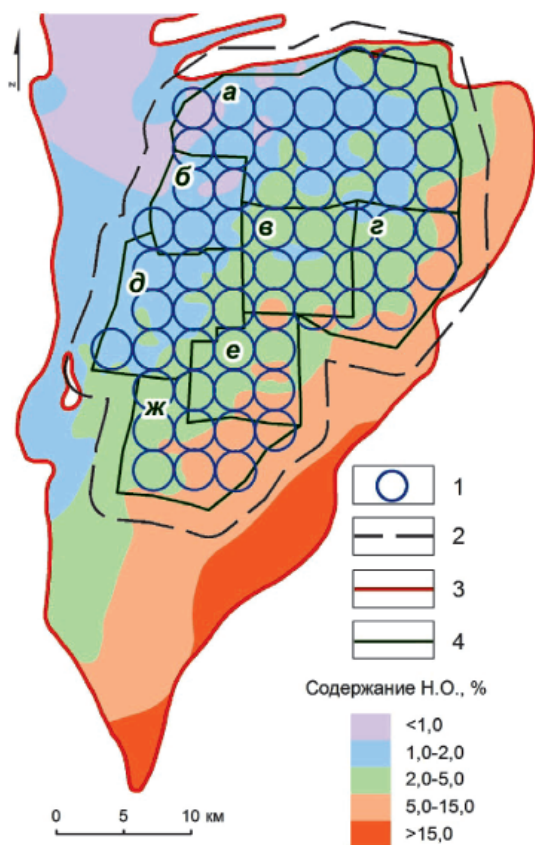


Рис. 2. Схема расположения участков сопоставления ($R = 1,5 \text{ км}$):
1 – участки сопоставления содержаний Н.О.;
2 – контур площади исследований;
3 – контур пласта КрII;
4 – контуры разведанных участков;
а – Быгельско-Троицкий; б – Березниковский;
в – Дурьманский; г – Талицкий;
д – Усть-Яйвинский; е – Балахонцевский;
ж – Палашерский

С помощью инструмента «Spatial Analyst Tools» программы «ArcMap 10» выделен-

ная (исследуемая) площадь была разбита на ячейки размером $75 \times 75 \text{ м}$ с определением в каждой из них содержания Н.О. Затем в выделенную площадь были вписаны гипотетические участки сопоставления в форме круга с радиусами 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 км, таким образом, чтобы центры этих кругов не выходили за пределы оконтуренной площади. Пример расположения кругов радиусом 1,5 км на этой площади приведен на рис. 2. При этом оказалось, что в круге радиусом 0,5 км размещается 139 ячеек, в круге радиусом 1,0 км – 558, в круге радиусом 1,5 км – 1256, в круге радиусом 2,0 км – 2232 ячейки.

Для всех кругов (гипотетических участков сопоставления) были определены значения среднего содержания Н.О. и среднеквадратическое отклонение от среднего, а затем вычислены коэффициенты вариации. Статистическая характеристика участков сопоставления в форме круга приведена в таблице, а графическое изображение этих результатов – на рис. 3.

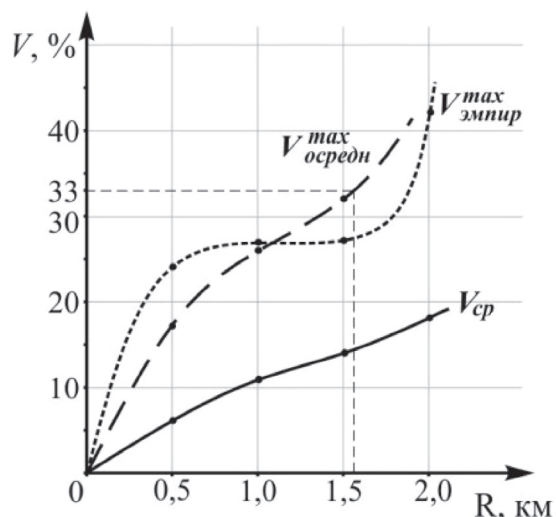


Рис. 3. График зависимости коэффициента вариации содержаний Н.О. от радиуса участка в форме круга

На рис. 3 видно, что графики $V_{\text{ср}}$ и $V_{\text{эмпир}}^{\text{max}}$ резко отличаются друг от друга. Несомненно, что это обусловлено ненадежностью полученных значений $V_{\text{эмпир}}^{\text{max}}$, так как они представляют собой единичные значения.

После осреднения значений $V_{\text{эмпир}}^{\text{max}}$ методом скользящего окна (размер окна – 3 соседних значения) этот график приобрел вид более близкий к графику $V_{\text{ср}}$. Используя полученную кривую ($V_{\text{осредн}}^{\text{max}}$), находим, что при $V = 33\%$ радиус круга составляет 1,6 км, а его площадь – 8 км^2 .

Характеристика участков сопоставления в форме круга

№ п/п	R, м	S, км ²	Кол-во ячеек в круге	Кол-во кругов	Коэффициент вариации содержаний Н.О. внутри круга, %	
					максимальный	средний
1	500	0,78	139	585	24	6
2	1 000	3,14	558	147	27	11
3	1 500	7,06	1256	62	27	14
4	2 000	12,56	2232	36	42	18

Таким образом, для поиска зависимости интенсивности избирательного истирания зерна от истинного содержания Н.О. в пласте, необходимой для выведения поправочных уравнений для данных разведки, площадь участков сопоставления в пределах ВКМС не должна превышать 8 км². Лучшим случаем является, если форма участков в плане будет близка к изометричной фигуре (круг, квадрат, многоугольник и др.).

Полученные результаты дают возможность изучить динамику избирательного истирания зерна сильвинитов при разведке ВКМС в зависимости от истинного содержания Н.О. в пласте и разработать на этой основе методику корректировки содержания этого компонента по данным бурения скважин с поверхности земли.

Список литературы

1. Баяндина Э.О., Кудряшов А.И. Нерастворимый остаток солей Верхнекамского месторождения. – Пермь: ООО «Типограф», 2015. – 102 с.
 2. Баяндина Э.О., Кудряшов А.И., Клепцова Н.К. Недостатки разведки Верхнекамского месторождения солей и пути их устранения // Проблемы недропользования. Сетевое периодическое научное издание. – Екатеринбург: Институт горного дела Уральского отделения РАН, 2016. – Вып. 3 (10). – С. 9–16.
 3. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 191 с.

4. Клепцова Н.К., Баяндина Э.О., Кудряшов А.И. Сопоставление данных разведки и разработки Дурьманского участка Верхнекамского месторождения солей // Рудник будущего. – 2015. – № 1. – С. 6–9.

5. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. – М.: Мир, 1969. – 397 с.

6. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. – 2-е изд., перераб. – М.: ООО «РПФ» Эпсилон Плюс, 2013. – 368 с.

7. Кудряшов А.И., Шмагина Е.Б., Рунец Г.В. Прогнозирование содержания нерастворимого остатка в калийных рудах и вмещающих породах шахтного поля БКРУ-2 (Верхнекамское месторождение) // Материалы научно-технической конференции молодых специалистов и ученых-галургов 20–21 окт. 1977 г. Березники. – Пермь, УФ ВНИИГ, 1978. – С. 107–109.

8. Мягков В.Ф. К вопросу об определении поправочного коэффициента к данным поверхностной разведки шахтных полей Верхнекамского калийного месторождения // Сборник научных трудов ППИ. – 1961. – № 8. – С. 95–101.

9. Мягков В.Ф. Об основных принципах опробования и оценки полезных ископаемых при разведке и разработке месторождений // Изв-я вузов. Горный журнал. – 1992. – № 9. – С. 9–17.

10. Мягков В.Ф., Раевский В.И. Избирательное разрушение зернов сильвинитов и карналлитовых пород при бурении скважин на Верхнекамском месторождении // Изв. вузов. Горный журнал. – 1964. – № 5. – С. 8–12.

11. Нормы технологического проектирования предприятий калийной промышленности. Ч. 1. Нормы технологического проектирования калийных рудников. – Л., 1976. – 20 с.

12. СТО РосГео 09-002-98. Стандарт российского геологического общества (твердые полезные ископаемые). – 45 с.