

На правах рукописи



Баяндина Элиза Олеговна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ
ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ИСТИРАНИЯ КЕРНА СИЛЬВИНИТОВ
ПРИ РАЗВЕДКЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Специальность 25.00.11.

Геология, поиски и разведка
твёрдых полезных ископаемых, минерагения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ), г. Москва

Научный руководитель:

Кудряшов Алексей Иванович

доктор геолого-минералогических наук,
директор ООО «Научно-производственная
фирма «Геопрогноз», г. Пермь

Официальные оппоненты:

Сунгатуллин Рафаэль Харисович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Кушнарев Петр Иванович

кандидат геолого-минералогических наук,
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»),
г. Москва

Ведущая организация:

ФГУП Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых (ФГУП ЦНИИгеолнеруд),
г. Казань

Защита состоится 25 января 2018 г. в 15-00, на заседании диссертационного совета Д 212.121.04 при Российском Государственном Геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ) по адресу: г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, ауд. 4-73.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ) www.mgri-rggru.ru

Автореферат разослан

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук



А.И. Бобков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Верхнекамское месторождение солей (ВКМС) является единственной сырьевой базой действующих производств калийной промышленности России. Ценность калийных месторождений хлоридного типа определяется, главным образом, количеством и качеством запасов сильвинитов, из которых производится калийное удобрение. В перечень параметров кондиций для подсчета запасов сильвинита содержание нерастворимого в воде остатка (Н.О.), как правило, не входит. 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. Практика освоения ВКМС показала, что содержание Н.О. в сильвинитовых пластах по данным разведки значительно (иногда на целые проценты) ниже, нежели по данным эксплуатации (Квиткин С.Ю., 1990; Олифиренко О.В., 1982; и др.), [12]. В.Ф. Мягковым и В.И. Раевским (1961, 1964) установлено, что это занижение обусловлено избирательным истиранием керна скважин.

Сопоставление данных разведки и эксплуатации всегда велось по средним значениям содержания Н.О. в пределах отдельных геологических блоков или их серии, по пластам или по шахтному полю в целом. В результате было получено несколько различных зависимостей. Неуниверсальность этих уравнений не давала возможности использовать их на практике. При относительно высоких содержаниях Н.О. невозможно и применение разработанной более 40 лет назад нормативной методики корректировки содержаний Н.О. по данным солеразведочных скважин. Отсюда следует, что практика остро нуждается в получении научно обоснованных поправочных уравнений для корректировки данных разведки с поверхности.

Цель работы – исследование геологических условий, результатов и динамики избирательного истирания керна сильвинитов при разведке ВКМС и разработка на этой основе методики корректировки содержания Н.О. по данным бурения.

Научная идея работы – исследование динамики избирательного истирания керна следует проводить путем сопоставления средних содержаний Н.О. по различ-

ным данным, определенным в пределах множества дискретных (элементарных) участков месторождения.

Основные задачи исследований.

1. Оценить достоверность эксплуатационного опробования.
2. Разработать методику сопоставления содержаний Н.О. по разным данным.
3. Исследовать динамику избирательного истирания керна.
4. Получить уравнения для корректировки содержаний Н.О. по данным опробования керна.

Научная новизна результатов исследований:

- динамика избирательного истирания керна сильвинитов не зависит от их разновидностей;

- график расхождения данных (ГРД) разведки и эксплуатации неоднороден и представлен четырьмя участками: интервал загрязнения проб, участок отсутствия расхождений, участок прогрессирующего избирательного истирания керна, предел избирательного истирания;

- геологической причиной неоднородности графика расхождений между данными разведки и эксплуатации о содержании Н.О. является различие форм нахождения этого компонента в породе.

Защищаемые положения.

1. При содержании нерастворимого остатка в сильвините менее 2% избирательного истирания керна не происходит, что обусловлено нахождением несоляных компонентов в породе в виде включений в кристаллах соляных минералов и вкраплений в межзерновом пространстве.

2. Интенсивность избирательного истирания керна не зависит от разновидностей сильвинитов (красные, полосчатые, пестрые), а связана только с содержанием в них нерастворимого остатка.

3. Избирательное истирание керна имеет место при содержании нерастворимого остатка более 2%, что вызвано наличием в сильвинитовых пластах обособленных прослоев галопелитов, по которым происходит раскалывание керна на столбики.

4. При достижении содержания нерастворимого остатка в сильвинитах более 10% имеет место предел избирательного истирания керна, после которого расхождение между данными разведки и эксплуатации остается постоянным.

5. Выявленные закономерности избирательного истирания керна являются основой для получения корректировочных уравнений данных разведки.

Практическая ценность работы и реализация результатов исследований.

Разработана методика корректировки содержаний Н.О. в сильвинитовых пластах ВКМС по данным геологоразведочных скважин, которая утверждена ГКЗ Роснедра (протокол ЭТС ГКЗ от 26.05.2015 г.) и рекомендована для применения с целью уточнения качества руд при составлении ТЭО кондиций и подсчета запасов сильвинитов. Методика использована ПАО «Уралкалий» для корректировки данных разведки при составлении ТЭО временных кондиций Вогульского участка и ООО «ЕвроХим-УКК» при составлении исходных данных для корректировки проекта строительства Усольского калийного комбината.

Публикации и апробация работы. Основные результаты исследований и защищаемые положения опубликованы в тринадцати работах, три из которых опубликованы в изданиях перечня ВАК.

Результаты исследований обсуждались на научных форумах различного уровня, в том числе: на международной научно-практической конференции «Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений» (Екатеринбург, 2015); на семинаре в рамках международной выставки «Рудник-2015» (Пермь, 2015); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (Пермь, 2016); на семинаре ПАО «Уралкалий» «Учет запасов. Порядок списания запасов» (Соликамск, 2016). Кроме того, результаты проведенных исследований апробированы на заседании ЭТС ГКЗ Роснедра (Москва, 2015), на технических советах ПАО «Уралкалий» и ООО «ЕвроХим-УКК».

Объем и структура работы. Диссертация состоит из двух томов. Том 1 (текст) объемом 145 страниц, содержит: введение, семь глав, заключение и включает

60 иллюстраций, 20 таблиц и список литературы из 176 наименований. Том 2, объемом 172 страницы, содержит 26 табличных и текстовых приложений.

Диссертация написана под руководством д.г.-м.н. А.И. Кудряшова, которому автор выражает самую искреннюю признательность и благодарность.

Большую помощь в организации и проведении экспериментальных работ, а также в сборе фактического материала оказали сотрудники ПАО «Уралкалий» – С.Ю. Квиткин, С.В. Глебов, Р.А. Богданов, Ю.М. Елкин, С.Ю. Малышев. Всем им автор выражает глубокую признательность и благодарность. Автор благодарен сотрудникам ПАО «Уралкалий» (О.Н. Бичуриной, А.Г. Коваленко, В.В. Ковальской, Д.В. Константинову, Е.О. Корочкиной, А.Н. Котельникову, Р.М. Патрикеевой, В.А. Шабакину); ООО «ЕвроХим-УКК» (В.В. Белкину, Л.В. Колчановой); ООО «ВКК» (А.Н. Кучеву) и В.А. Шаклеиной за помощь в сборе необходимого материала и ценные консультации.

Отдельная благодарность моим коллегам по работе – сотрудникам ООО «НПФ «Геопрогноз»: Н.К. Клепцовой, В.Д. Тимофееву, Д.С. Кокшаровой, Б.М. Кочневу, В.В. Балмышеву, Ю.А. Ардавичус за их помощь в первичной обработке материала, доброжелательность и постоянную поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Геологическое строение ВКМС

Верхнекамское 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). Пласты калийной залежи смяты в складки нескольких порядков, но, в целом, залегают с небольшим наклоном. Разрывные нарушения в солях развиты слабо.

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

2. Характеристика Н.О. солей

В соляных породах водонерастворимые примеси характеризуются четырьмя формами нахождения (включения в кристаллах соляных минералов, вкрапления в межзерновом пространстве, прослой галопелитов и скопления глинистого материала [4, 13]). Включения в кристаллах соляных минералов представлены в виде мелких включений ангидрита, доломита, кальцита, глинистых и других минералов. В сильвине красных и оранжевых тонов типичными минералами-узниками являются гематит и гетит (Рисунок 1а). Содержание нерастворимых примесей в кристаллах солей составляет, как правило, менее 1%, что видно на примере галита (Таблица 1).

Таблица 1

Среднее содержание Н.О. в кристаллах галита
(Кудряшов А.И., 2013)

Разновидность	Масс. %	Разновидность	Масс. %
перистый темно-серый	4,24	зернистый	0,10
перистый светло-серый	0,12	шпатовый	0,06

Вкрапления в межзерновом пространстве представлены мелкими кристаллами ангидрита, доломита, кальцита, калиевых полевых шпатов, листочками хлорита, глинистым материалом, гипсом, железистыми пленками (Рисунок 1б).

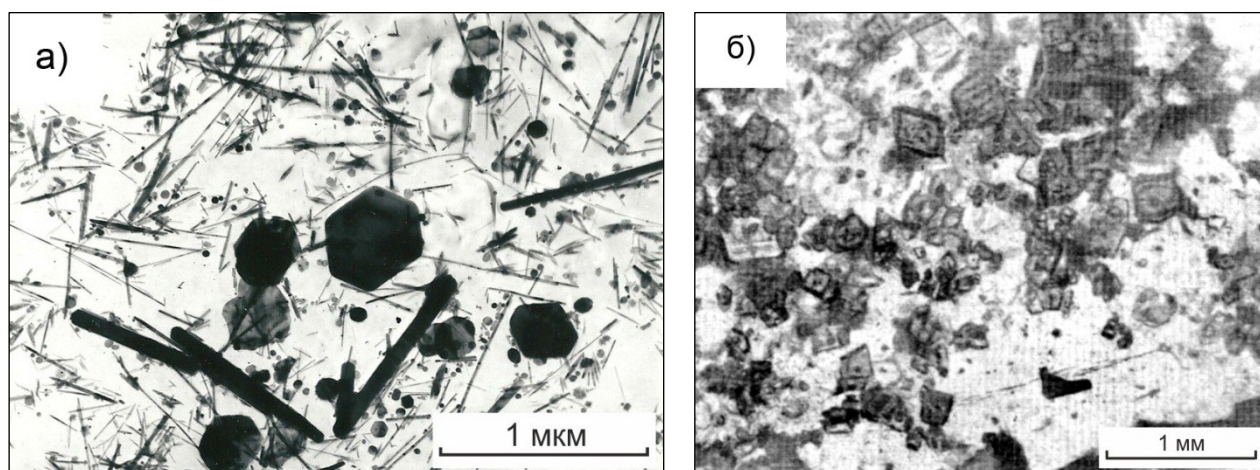


Рис. 1. Микрофотографии включений водонерастворимых примесей в соляных минералах и породах.

а) микровключения гематитовых чешуек и гетитовых игл в зернах сильвина пласта КрII, сл. 1 (Попова В.И. и др., 1990); б) ромбоэдры доломита в промежутках между зернами галита. Скв. 588, гл. 449,20 м, ник. II (Иванов А.А., Воронова М.Л., 1975)

Прослой галопелитов имеют самую различную мощность (до 20 см). Вполне понятно, что чем мощнее прослой галопелитов, и чем чаще они встречаются, тем выше содержание Н.О. в соляной породе (Рисунок 2).

а) Н.О. - 0,50% б) Н.О. - 0,61% в) Н.О. - 1,20% г) Н.О. - 4,54% д) Н.О. - 10,40% е) Н.О. - 19,47%



Рис. 2. Фрагменты керна с разным содержанием Н.О.

а) полосчатый сильвинит пл. А, Половодовский участок, скв. 33, инт. 209,67-210,18 м; б) красный сильвинит пл. КрII, Половодовский участок, скв. 16, инт. 327,41-327,86 м; в) пестрый сильвинит пл. Б, Половодовский участок, скв. 6, инт. 339,70-340,15 м; г) полосчатый сильвинит пл. А, Талицкий участок, скв. 3дт, инт. 312,43-312,95 м; д) красный сильвинит пл. КрII, Палашерский участок, скв. 107г-3, инт. 373,05-373,62 м; е) пестрый сильвинит пл. Б, Палашерский участок, скв. 107г-1, инт. 356,50-356,86 м

Скопления глинистого материала (СГМ) встречаются редко и по форме делятся на локальные утолщения, линзы, пласты, изометричные тела и тела сложной формы. Считается, что все СГМ имеют вторичное происхождение (Кудряшов А.И., 2013).

Н.О. солей на 70-80% состоит из частиц пелитовой фракции ($<0,01$ мм), а среди минералов преобладают силикаты (гидрослюда, хлорит, калиевый полевой шпат – 57-72%), карбонаты (преимущественно доломит – 14-36%) и сульфаты кальция – 7-21%.

Н.О. солей – полигенный компонент. Его составляющие могут быть аутигенными и аллотигенными, а также первичными и вторичными. Есть основания пола-

гать, что в поступлении терригенного материала в солеродный бассейн существенная роль принадлежала эоловому фактору.

Н.О. негативно влияет на процессы освоения месторождения и, в частности, на извлечение руды из недр, обогащение руд, безопасность ведения горных работ, количество отходов производства и др. Причем это влияние может быть, как прямым (при обогащении руд), так и косвенным (через снижение прочности соляных пород).

3. Состояние вопроса и постановка задач

Анализ результатов предыдущих исследований проведен по трем взаимосвязанным направлениям (достоверность эксплуатационного опробования, сопоставление содержаний Н.О. по данным разведки и эксплуатации месторождения и выяснение причин расхождения этих данных, а также уравнения для корректировки данных разведки о содержании Н.О.). Выявленные недостатки ранее проведенных исследований, неопределенность и, отчасти, противоречивость их результатов, а также рекомендации ГКЗ Роснедра позволили определить основные задачи настоящей диссертации, которые изложены в общей характеристике работы (см. стр. 4).

4. Методика исследований и фактологическая база

Освещена методика определения содержания Н.О. в солях ВКМС [4, 11].

В целях реализации идеи работы на основе анализа геохимического поля Н.О. основного рабочего пласта КрII определен максимальный размер участка сопоставления, в пределах которого коэффициент вариации (V) содержаний Н.О. не превышает 33% (Рисунок 3) [3].

При исследовании использовано два типа участков сопоставления: УСД (участок сравнения данных прямоугольной формы [8]) – для сопоставления средних содержаний Н.О. в пласте по данным бороздового опробования (Н.О._и) и опробования керна подземных скважин (Н.О._к); ЭЯМ (элементарная ячейка месторождения – ближайшие окрестности солеразведочной скважины на уровне рабочего пласта в форме круга радиусом 500 м [1, 5]) – для сопоставления содержания Н.О. по данным одной солеразведочной скважины (Н.О._р) и среднего содержания Н.О. по данным эксплуатационного опробования (Н.О._и).

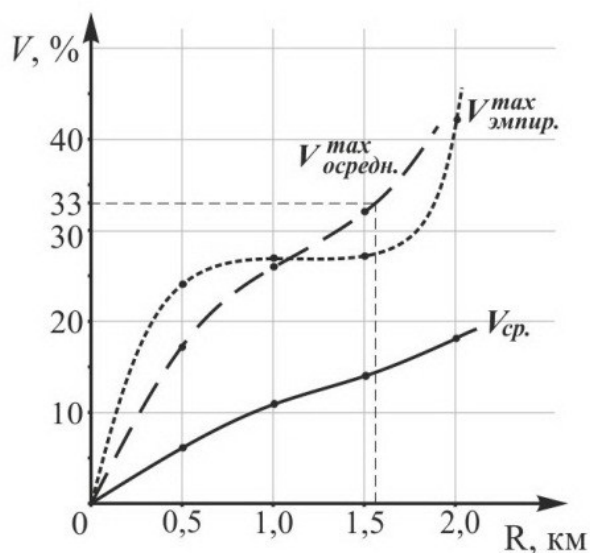


Рис. 3. График зависимости коэффициента вариации содержаний Н.О. от радиуса участка сопоставления в форме круга

Используя собранный фактический материал и применяя ряд критериев (в пределах участка сопоставления должно быть не менее двух сечений по каждому из сравниваемых способов опробования; пласт должен быть опробован в одинаковых стратиграфических границах; в сечении пласт должен иметь типичное строение; выход керна при бурении солеразведочных скважин должен составлять не менее 70%; высокое качество документации места опробования пласта и др.), были сформированы выборки для сопоставления

данных о содержании Н.О., полученных на разных стадиях разведки ВКМС и разными способами опробования.

Мерой расхождения сравниваемых данных является разница между содержаниями Н.О. (Δ). Затем строились графики расхождения данных (ГРД), в которых по оси X откладывалось значение Н.О._и, а по оси Y – Δ .

В процессе проведения работ был собран, проанализирован и использован огромный по объему фактический материал: результаты бурения 816 скважин, пройденных с поверхности, с общим количеством 2 695 пластопересечений; 5 606 пластопересечений эксплуатационной разведки, в том числе по данным бороздowego опробования 4 715 сечений и 891 сечений опробования керна скважин подземного бурения (СПБ); объем экспериментальных полевых работ составил 190 проб. Весь использованный фактический материал приведен в приложениях (том 2).

5. Оценка достоверности эксплуатационного опробования

Проведено экспериментальное опробование, заключающееся в отборе с одних и тех же интервалов двух бороздовых проб разного сечениями 6×3 и 3×2 см. Для уменьшения влияния фактора латеральной изменчивости состава слоя пробы отбирались вложенными друг в друга (Рисунок 4).

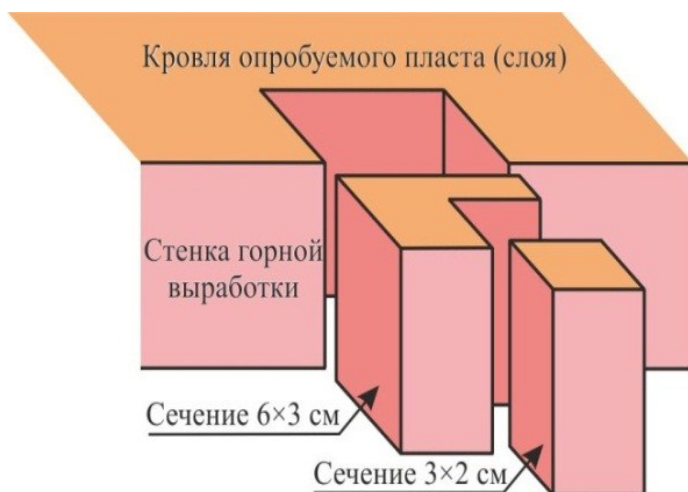


Рис. 4. Схема отбора борозд различного сечения при экспериментальном опробовании

Объекты опробования – сильвинитовые слои пласта КрII (БКПРУ-2) и пласт Б (БКПРУ-4). Из пласта КрII отобрано 35 пар проб, из пласта Б – 30. Статистическая обработка результатов химического анализа экспериментальных проб показала, что коэффициенты корреляции между содержаниями H_2O , KCl и MgCl_2 в смежных пробах очень высокие (+0,95 – +0,99), систематические расхождения много ниже норма-

тивных, а уравнения регрессии очень близки к виду $y = x$. Таким образом, пробы сечениями 3×2 и 6×3 – идентичны.

Из этого следует вывод, что в условиях ВКМС наиболее достоверным является бороздовое опробование, а содержание H_2O , полученное по данным этого способа, наиболее близко к истинному содержанию этого компонента в недрах [2].

С целью исследования расхождений в содержаниях H_2O между данными бороздового опробования ($\text{H}_2\text{O}_{\text{И}}$) и опробования керна СПБ ($\text{H}_2\text{O}_{\text{К}}$) были построены ГРД по пластам КрII, А и Б для УСД с восстающими скважинами и пласта КрII – для УСД с нисходящими скважинами. Для уменьшения влияния случайных погрешностей проведено сглаживание исходных данных методом скользящего окна. Результаты сглаживания для восстающих СПБ приведены на рисунке 5.

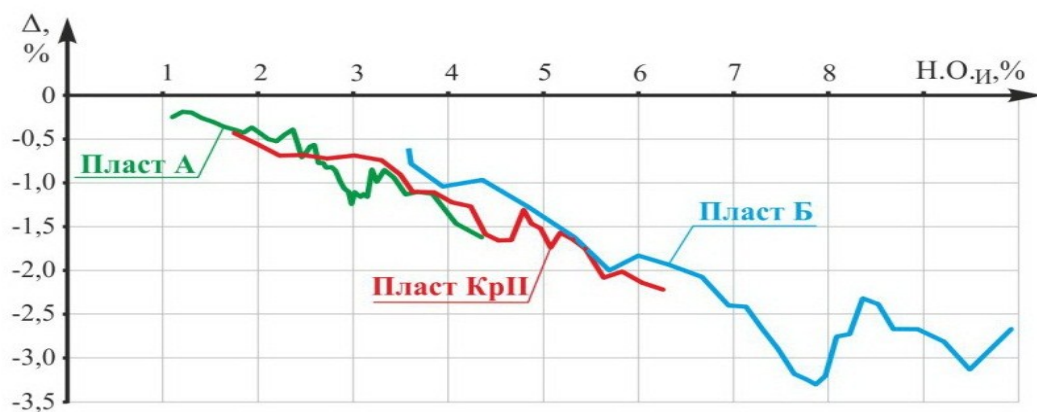


Рис. 5. Сглаженные ГРД для восстающих СПБ

Анализ этих графиков дает основание для двух выводов. Первый – в исследуемом интервале значений $H.O._{И}$ избирательное истирание керна скважин при проходке СПБ вверх имеет прогрессирующий характер, т.е. с увеличением содержания Н.О. в сильвинитовых пластах повышается и степень его избирательного истирания. Второй – общая тенденция изменения сглаженных ГРД всех пластов (и даже их взаимное пересечение) позволяет говорить о том, что динамика избирательного истирания керна восстающих СПБ не зависит от разновидностей сильвинитов (красные, полосчатые, пестрые) [8]. Учитывая это, был построен общий сглаженный график с учетом всех частных значений ($n = 112$) по всем трем пластам (Рисунок 6). На этом рисунке видно, что процесс избирательного истирания керна в рассматриваемом интервале значений $H.O._{И}$ может быть выражен в виде линейной функции. Используя 112 пар исходных значений ($H.O._{И}$ и Δ с коэффициентом корреляции минус 0,71), было получено уравнение ортогональной среднеквадратической регрессии, описывающее процесс избирательного истирания керна в случае восстающих скважин: $\Delta = 0,26 - 0,37 \cdot H.O._{И}$.



Рис. 6. Общий сглаженный ГРД для восстающих СПБ

Установленная зависимость вида $\Delta = f(H.O._{И})$ свидетельствует только о процессе избирательного истирания керна СПБ. Практическое значение имеет уравнения вида $H.O._{И} = f(H.O._{К})$, которое необходимо для корректировки данных о содержании Н.О., полученных при опробовании керна СПБ. Для этого, используя те же 112 пар исходных значений $H.O._{К}$ и $H.O._{И}$, было построено поле корреляции этих признаков ($r=0,90$), и получено уравнение ортогональной среднеквадратической ре-

грессии: $H.O._И = 1,46 \cdot H.O._К - 0,05$, по которому можно корректировать содержания $H.O.$, полученные при опробовании керна восстающих СПБ [8].

По аналогичной методике проведена обработка данных УСД для случая нисходящих скважин. Анализ графика говорит о прогрессирующем характере избирательного истирания керна, а поправочное уравнение имеет вид: $H.O._И = 1,99 \cdot H.O._К - 0,86$ [8].

6. Причины расхождения содержаний $H.O.$ по данным разведки и эксплуатации

Построены исходные ГРД по всем исследуемым горизонтам (пласт КрII, пачка слоев 2-7 пласта КрII, пласт А и пласт Б). Анализ крайней левой части ГРД пласта А в интервале $H.O._И$ 0,50-0,71% в крупном масштабе (Рисунок 7) показывает, что все значения Δ (кроме одного, равного минус 0,31%) имеют положительный знак и колеблются вблизи линии, образующей горизонтальное «плато» со средним значением Δ равным +0,41%. Сравнение этого значения с нулем при помощи одновыборочного

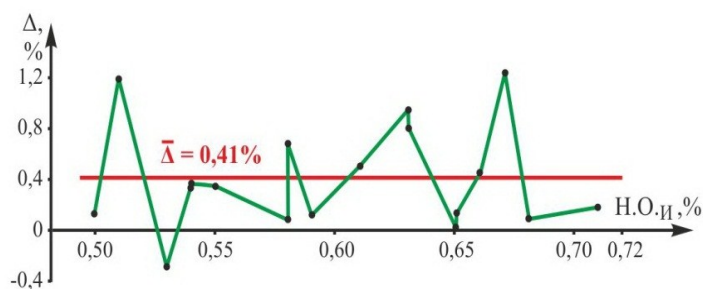


Рис. 7. Фрагмент ГРД пласта А

t -критерия Стьюдента показало (19 солеразведочных скважин и 260 пересечений пласта при эксплуатационной разведке), что различие статистически значимо.

За правую границу этого «плато» принята середина (0,72%) между двумя точками $H.O._И$, принадлежащими двум разным рядам: 0,71% (скв. 130, $\Delta = 0,18\%$) и 0,74% (скв. 455, $\Delta = \text{минус } 0,32\%$). Таким образом, обнаружено новое явление, выражающееся в том, что при опробовании очень «чистого» сильвинита с содержанием $H.O._И < 0,72\%$ происходит загрязнение керна нерастворимыми примесями, которое обозначим через S (soiling (англ.) – загрязнение). Можно предположить, что одной из причин загрязнения является попадание в пробу твердой нерастворимой в воде фазы призабойного бурового раствора, остающейся в трещинах, кавернах и других неровностях поверхности керна [1, 7, 9, 10].

На участке значений Н.О._и от 0,72% до 2% (пачка слоев 2-7 пласта КрII и пласт А) значения Δ колеблются около нуля, изменяясь от минус 0,85% до 0,56%, при среднем – 0,01%. Средние содержания Н.О._р и Н.О._и равны между собой и составляют – 1,18%. Результаты статистической обработки огромного фактического материала по обоим стратиграфическим горизонтам (скважины, пробуренные с поверхности – 70, пересечения эксплуатационной разведки – 716) говорят о том, что при значении Н.О._и от 0,72 до 2,0% расхождений между содержаниями Н.О. по данным разведки и эксплуатации нет. Таким образом, учитывая формы нахождения Н.О. (см. стр. 7), есть основания для формулировки 1-го защищаемого положения:

При содержании нерастворимого остатка в сильвините менее 2% избыточного истирания керна не происходит, что обусловлено нахождением не-соляных компонентов в породе в виде включений в кристаллах соляных минералов и вкраплений в межзерновом пространстве.

Исходные ГРД всех пластов имеют пилообразный характер, поэтому проведено их сглаживание методом скользящего окна, результаты которого приведены на рисунке 8.

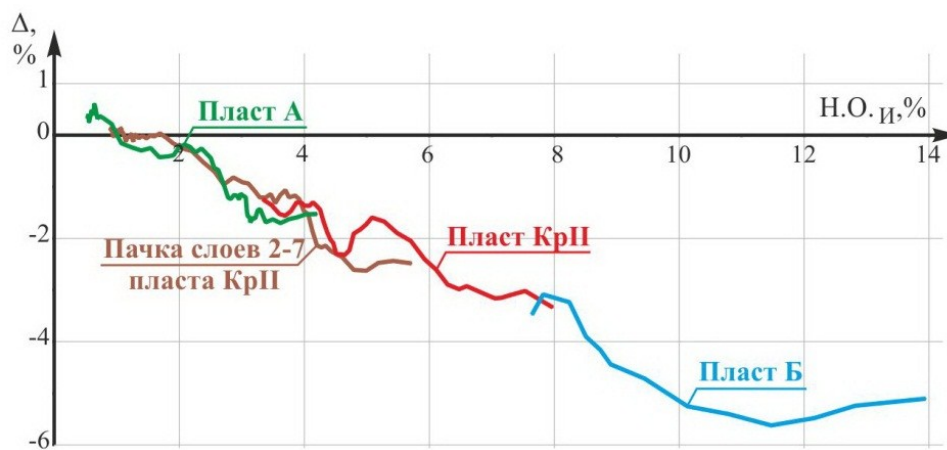


Рис. 8. Сглаженные ГРД рассматриваемых пластов

На рисунке видно, что, несмотря на флуктуации, все сглаженные ГРД, совпадая и перекрывая друг друга, отрисовывают одну общую тенденцию, что позволяет говорить об одинаковой динамике изменения расхождения данных разведки и эксплуатации для всех исследуемых горизонтов [1, 7, 10].

Особенности сглаженных ГРД (см. Рисунки 5 и 8) являются основанием для формулировки 2-го защищаемого положения:

Интенсивность избирательного истирания керна не зависит от разновидностей сильвинитов (красные, полосчатые, пестрые), а связана только с содержанием в них нерастворимого остатка.

На сглаженных графиках также видно (см. Рисунок 8), что относительно равномерное распределение Δ около нулевого значения прослеживается до значения Н.О._и равное 2%, а после этого наблюдается устойчивое увеличение абсолютных значений Δ . Значение Н.О._и = 2% является максимальным содержанием Н.О. в пласте («порогом»), до которого не проявляется стабильное занижение содержания Н.О., полученного при бурении скважин с поверхности. Физико-геологическая сущность этого «порога» одна – после превышения содержания Н.О. = 2,0% в пласте появляются прослойки галопелитов с мощностью достаточной для раскалывания по ним керна, что и обуславливает его избирательное истирание. Все изложенное дает возможность сформулировать 3-е защищаемое положение:

Избирательное истирание керна имеет место при содержании нерастворимого остатка более 2%, что вызвано наличием в сильвинитовых пластах обособленных прослоев галопелитов, по которым происходит раскалывание керна на столбики.

В дальнейшем величина избирательного истирания керна будет обозначаться D (detrition (англ.) – истирание), где $D = |\Delta|$.

Учитывая общий характер изменения сглаженных ГРД, построен общий сглаженный осредненный график с учетом всех частных значений ($n = 213$) (Рисунок 9). На общем ГРД в интервале значений $2\% < \text{Н.О.}_{\text{и}} < 10\%$ расположена главная последовательность избирательного истирания керна, которая имеет линейный характер и может быть выражена в виде: $D = |1,00 - 0,60 \cdot \text{Н.О.}_{\text{и}}|$ ($n = 29$, $r = \text{минус } 0,96$).

Оставшаяся часть общего ГРД, расположенная правее значения $\text{Н.О.}_{\text{и}} = 10\%$, представляет собой «плато» со средним значением $D = 5,1\%$. Физическая сущность этого «плато» состоит в том, что прогрессирующее избирательное истирание керна

имеет предел, при достижении которого расхождение содержаний Н.О. в пласте по данным разведки и эксплуатации остается постоянным. Точка пересечения главной последовательности с рассматриваемым «плато» является вторым «порогом» процесса истирания зерна и имеет значение $H.O._{II} = 10\%$.

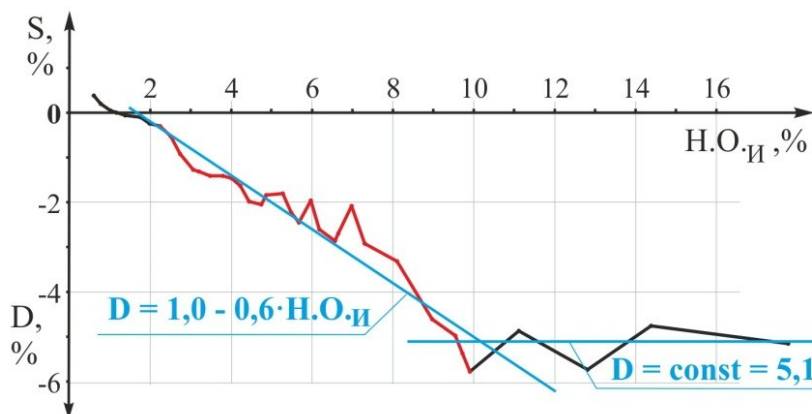


Рис. 9. Общий ГРД

Отсюда имеем 4-е защищаемое положение:

При достижении содержания нерастворимого остатка в сальвинитах более 10% имеет место предел избирательного истирания зерна, после которого расхождение между данными разведки и эксплуатации остается постоянным.

Проведенное сопоставление показало, что идеализированный ГРД разведки и эксплуатации о содержании Н.О. в промышленных сальвинитовых пластах неоднороден, а отдельные его части (участки) имеют свои особенности (Рисунок 10, Таблица 2) [1, 4 и др.].



Рис. 10. Идеализированный ГРД

Характеристика участков ГРД

№ участка	Особенность участка	Кол-во пласто-пересечений, шт. (разведка / эксплуатация)	Интервал участка (по Н.О. _и), %	Расхождение (Н.О. _р – Н.О. _и), %
1	Загрязнение проб	19 / 260	< 0,72	$S = \text{const} = 0,41$
2	Отсутствие расхождения	70 / 716	0,72-2,0	0
3	Прогрессирующее избирательное истирание керна	117 / 1 417	2,0-10,0	$D = 1,0 - 0,6 \cdot \text{Н.О.}_{\text{и}} $
4	Предел избирательного истирания керна	7 / 123	>10,0	$D = \text{const} = 5,1$

Таким образом, появляется возможность формулировки 5-го защищаемого положения:

Выявленные закономерности избирательного истирания керна являются основой для получения корректировочных уравнений данных разведки.

7. Корректировка данных разведки с поверхности о содержании Н.О. в сильвинитах промышленных пластов

На участках 1 и 4 ГРД (см. Рисунок 10, Таблица 2) расхождение в содержаниях Н.О. между данными разведки и эксплуатации постоянно и, следовательно, поправочные уравнения имеют вид:

$$\text{для участка 1 (Н.О.}_{\text{и}} < 0,72) - \text{Н.О.}_{\text{и}} = \text{Н.О.}_{\text{р}} - 0,41$$

$$\text{для участка 4 (Н.О.}_{\text{и}} > 10,0) - \text{Н.О.}_{\text{и}} = \text{Н.О.}_{\text{р}} + 5,10$$

Для третьего участка ГРД ($2\% < \text{Н.О.}_{\text{и}} < 10\%$) построено поле корреляции значений Н.О._р и Н.О._и (Рисунок 11), а затем получено уравнение ортогональной среднеквадратической регрессии: $\text{Н.О.}_{\text{и}} = 2,54 \cdot \text{Н.О.}_{\text{р}} - 2,87$ [1, 4 и др.].

Подставляя в полученные уравнения значения Н.О._и, соответствующие границам областей их применения (0,72%; 2,0%; 10,0%) получаем границы областей функционирования этих уравнений по Н.О._р, округлив которые имеем: 1,1%, 2,0%, 5,0%.

Построив и используя карты изоконцентрат Н.О. по данным разведки месторождения с поверхности, были составлены карты районирования по применению

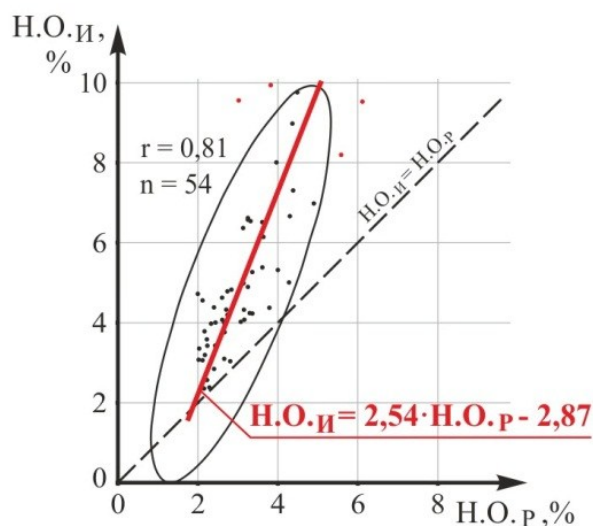


Рис. 11. Поле корреляции содержаний $H_2O_{\text{р}}$ и $H_2O_{\text{и}}$ в интервале прогрессирующего избирательного истирания керна

поправочных уравнений для всех пластов промышленного горизонта ВКМС ($KpIII^{a+b}$, $KpII$, А, Б и В).

В качестве примера на рисунке 12 приведено районирование основного рабочего пласта $KpII$. Из рисунка следует, что данные разведки более чем на половине площади его развития (55%) требуют корректировки.

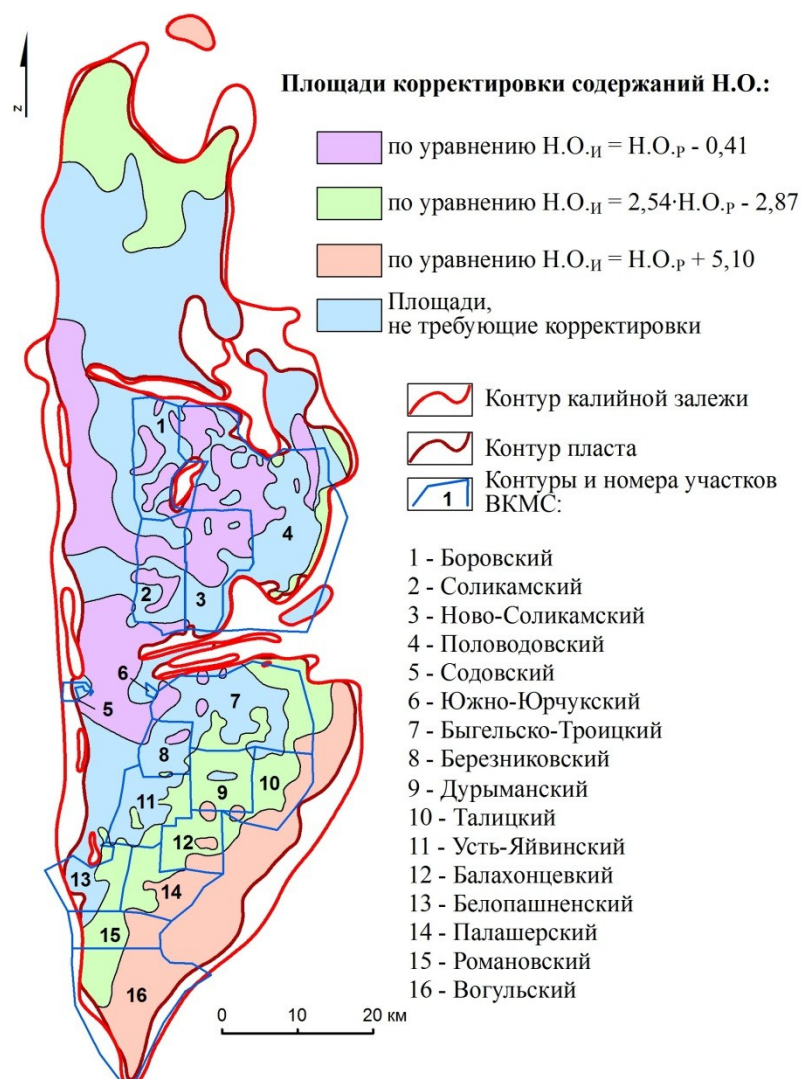


Рис. 12. Районирование пласта $KpII$ по применению поправочных уравнений к данным геологоразведочных скважин по содержанию H_2O .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертации заключаются в следующем:

1. Достоверным в условиях ВКМС является бороздовое опробование.

2. Для решения вопросов о характере динамики избирательного истирания керна была разработана новая методика сопоставления, что дало возможность получить ряд неизвестных ранее закономерностей и зависимостей.

3. При опробовании керна СПБ происходит занижение содержаний Н.О., которые подлежат корректировке по поправочным уравнениям:

$$\text{для случаев бурения вверх: } Н.О._И = 1,46 \cdot Н.О._К - 0,05;$$

$$\text{для случаев бурения вниз: } Н.О._И = 1,99 \cdot Н.О._К - 0,86.$$

4. Интенсивность избирательного истирания керна в отношении Н.О. не зависит от разновидностей сильвинитов, а связана только с содержанием в них этого компонента.

5. График расхождения содержаний Н.О. в промышленных сильвинитовых пластах по данным разведки и эксплуатации неоднороден, а его четыре участка (по значению Н.О._И) имеют следующие характеристики: $Н.О._И < 0,72\%$ – загрязнение проб керна; $0,72 < Н.О._И < 2,0\%$ – отсутствие расхождений; $2,0 < Н.О._И < 10,0\%$ – прогрессирующее избирательное истирание керна; $Н.О._И > 10,0\%$ – предел избирательного истирания керна.

6. Геологической причиной неоднородности графика расхождений между данными разведки и эксплуатации о содержании Н.О. является различие форм нахождения этого компонента в породе.

7. Получена серия поправочных уравнений, применение которых зависит от интервала содержания Н.О. по данным разведки (Н.О._Р):

$$\text{- интервал } Н.О._Р < 1,1\% \quad \quad \quad \text{- } Н.О._И = Н.О._Р - 0,41;$$

$$\text{- интервал } 2,0\% < Н.О._Р < 5,0\% \quad \text{- } Н.О._И = 2,54 \cdot Н.О._Р - 2,87;$$

$$\text{- интервал } Н.О._Р > 5,0 \quad \quad \quad \text{- } Н.О._И = Н.О._Р + 5,10.$$

8. Проведено районирование ВКМС по применению поправочных уравнений для пластов промышленного горизонта месторождения.

9. Результаты исследований явились основой «Методики корректировки содержания нерастворимого остатка в пластах ВКМС по данным геологоразведочных скважин», которая была утверждена ЭТС ГКЗ Роснедра 26.05.2015 г. и рекомендована к внедрению для уточнения качества руд при составлении ТЭО кондиций и подсчета запасов сильвинита. Полученные результаты использованы ПАО «Уралкалий» и ООО «ЕвроХим-УКК».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях перечня ВАК

1. **Баяндина Э.О.** Причины расхождения содержаний водонерастворимого остатка солей по данным разведки и эксплуатации Верхнекамского месторождения // Недропользование XXI век. Вып. 5 (55). - С. 22-30.

2. **Баяндина Э.О.,** Кудряшов А.И., Клепцова Н.К. Обоснование достоверности эксплуатационного опробования на шахтных полях Верхнекамского месторождения // Вестник Пермского университета. Геология. Вып. 2 (31). - С. 72-76 (вклад соискателя – 55%).

3. Кудряшов А.И., **Баяндина Э.О.** Определение размера участка при сопоставлении данных разведки и эксплуатации Верхнекамского месторождения солей // Успехи современного естествознания. № 12 (часть 2) 2016. - С. 409-413 (вклад соискателя – 45%).

Монография

4. **Баяндина Э.О.,** Кудряшов А.И. Нерастворимый остаток солей Верхнекамского месторождения. Пермь: ООО «Типограф», 2015. - 102 с. (вклад соискателя – 55%).

В других изданиях

5. **Баяндина Э.О.** Новая методика сопоставления содержаний водонерастворимого остатка солей по данным разведки и эксплуатации Верхнекамского месторождения // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, ПГНИУ. Статьи по материалам Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2015. - С. 6-7.

6. **Баяндина Э.О.** Прогнозирование содержания нерастворимого остатка в коржах рабочих пластов Верхнекамского месторождения солей // Вестник Пермского университета. Геология. Вып. 1 (26). - С. 85-90.

7. **Баяндина Э.О.**, Кудряшов А. И. К оценке качества сильвинитов при разведке ВКМС // Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений. Материалы Международной научно-практической конференции. 9-13 ноября 2015 г. Казань: ЗАО «Издательский дом «Казанская недвижимость», 2015. - С. 466-468 (вклад соискателя – 55%).

8. **Баяндина Э.О.**, Кудряшов А. И. О различии результатов способов опробования при эксплуатационной разведке ВКМС // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Москва - 2016. № 10-2 (93). - С. 221-226 (вклад соискателя – 60%).

9. **Баяндина Э.О.**, Кудряшов А.И. Решение одной из проблем освоения Верхнекамского месторождения солей // Деловой журнал Бизнес&Класс. Март-апрель, 2015. - С. 38 (вклад соискателя – 55%).

10. **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. Вып. 3 (10), 2016. - С. 9-16 (вклад соискателя – 40%).

11. **Баяндина Э.О.**, Малышев С.Ю., Клепцова Н.К. Контроль обработки геологических проб сильвинита на рудниках Верхнекамского месторождения // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, ПГНИУ. 2016. - С. 45-47 (вклад соискателя – 40%).

12. Клепцова Н.К., **Баяндина Э.О.**, Кудряшов А.И. Сопоставление данных разведки и разработки Дурыманского участка Верхнекамского месторождения солей // Рудник будущего. 2015, № 1. - С. 6-9 (вклад соискателя – 30%).

13. Кудряшов А.И., Клепцова Н.К., **Баяндина Э.О.** Формы нахождения водонерастворимых примесей в солях Верхнекамского месторождения // Рудник будущего. 2015, № 1. - С. 10-12 (вклад соискателя – 30%).