

## Пример оформления титульного листа бакалаврской работы

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки Геология  
Кафедра Геоэкологии и геохимии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЗАПАДНОГО ФЛАНГА БАКЧАРСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)</b>

УДК 553.493.5'493.6(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5А	Гришин Анатолий Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	В.А. Домаренко	К.Г.-М.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	И.В. Шарф	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Е.Г. Язиков	Д.Г.-М.Н.		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 05.04.01)

### Геология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Выпускник готов применять глубокие базовые и специальные естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач обеспечения минерально-сырьевой базы и рационального природопользования
Р2	Выпускник способен производить подсчет запасов и оценку ресурсов, провести поиск и подбор максимально рентабельных технологий добычи, схем вскрытия руды на месторождениях, осуществлять геологическое сопровождение разработки месторождений нефти и газа. Способен, выполнять моделирование для оценки достоверности запасов и выбора кондиционных параметров, разработать ТЭО кондиций для участков выборочной детализации.
Р3	Выпускник способен осуществлять поиски и разведку месторождений нефти, газа, газового конденсата; организовать и провести сбор, анализ и обобщение фондовых геологических, геохимических, геофизических и других данных, разрабатывать прогнозно-поисковые модели различных геолого-промышленных типов месторождений, формулировать задачи геологических и разведочных работ.
Р4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРП, технико-технологические решения, вести поиск новых технологий добычи и переработки руд и углеводородного сырья. Может самостоятельно выполнять лабораторные и экспериментальные геолого-геофизические и минералого-геохимические исследования с использованием современных компьютерных технологий.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
Р5	Обладает высоким уровнем стремления показать высокие результаты, готовностью взять на себя дополнительную ответственность Проявляет оптимизм. Задумывается о том, что выходит за рамки ситуации и др.
Р6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.
Р7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
Р8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.
Р9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

**Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) Геология  
Кафедра Геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.Г. Языков  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

*Магистерской диссертации*

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
<i>2ЛМ5А</i>	<i>Гришину Анатолию Евгеньевичу</i>

Тема работы:

*Геологическое строение и вещественный состав железорудной и редкоземельной минерализации западного фланга Бакcharского железорудного узла (Томская область)*

Утверждена приказом директора (дата, номер) *09.03.2017, 1555/с*

Срок сдачи студентом выполненной работы: *10.06.17*

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Результаты геологоразведочных работ на Западном участке Бакcharского железорудного узла</i>

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Общие сведения о месторождения бурожелезняковых оолитовых руд; краткая характеристика геологического строения Бакчарского железорудного узла; вещественный состав железорудной и редкометалльной минерализации; особенности интерпретации и возможности применения современных геофизических методов при подсчете запасов железных руд Западного участка Бакчарского рудного узла; разработка и обоснование кондиций с применением метода блочного моделирования; подсчет запасов железных руд.</i></p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>1 карта местоположения Бакчарского железорудного узла; 2 блок-диаграмма геологического строения Западного участка; 4 блочные модели по разным вариантам аналитики.</i></p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p><i>доцент кафедры ЭПР, к.э.н. И.В. Шарф</i></p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p><i>Ассистент кафедры ЭБЖ О.С. Кырмакова</i></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p><b>Iron ore mineral deposits</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<i>Доцент</i>	<i>В.А. Домаренко</i>	<i>к.г.-м.н</i>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<i>2ЛМ5А</i>	<i>Гришин Анатолий Евгеньевич</i>		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 96 с., 40 рис., 20 табл., 9 источников.

Ключевые слова: ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, БАКЧАРСКИЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ УЗЕЛ, ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ, ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ.

Объектом исследования является участок «Западный» Бакчарского железорудного узла.

Цель работы – изучить геологическое строение и вещественный состав, разработать и обосновать методику подсчета запасов на участке «Западный» Бакчарского железорудного узла с применением современных геофизических методов исследования.

В процессе исследования проводилось изучение геологического строения и вещественного состава пород и руд Бакчарского железорудного узла, проводился подсчет запасов различными методами и с различными вариантами аналитических данных.

В результате исследования было изучено геологическое строение и вещественный состав железорудной и редкоземельной минерализации, был проведен подсчет запасов железных руд и редких элементов.

Степень внедрения: настоящая работа находится на стадии научного исследования.

Область применения: полученные данные могут быть использованы для составления отчета с подсчетом запасов на Западном участке Бакчарского рудного узла.

## **Список сокращений**

РФА – рентгено-флуоресцентный анализ

ГГК-П – гамма-гамма каротаж плотностной

ГКЗ – государственная комиссия по запасам

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. Общие сведения о месторождениях оолитовых бурожелезняковых руд.....	12
2. Краткая характеристика геологического строения Бакчарского железорудного узла.....	18
2.1 Физико-географический очерк .....	18
2.2 Стратиграфия.....	21
2.3 Тектоника.....	3
2.4 Полезные ископаемые .....	4
2.6. Гипотезы формирования руд .....	9
3. Материалы и методы исследования.....	16
4. Вещественный состав железных руд и редкоземельной минерализации .....	18
4.1 Основные особенности состава и строения рудной толщи .....	18
4.2 Минеральный состав руд .....	29
4.3. Химический состав руд .....	36
5. Опыт применения современных геофизических методов при подсчете запасов железных руд участка Западный Бакчарского рудного узла.....	47
5.1. Применение данных плотностного гамма-гамма каротажа при подсчете запасов.....	48
5.2. Применение данных портативного рентгено-флуоресцентного спектрометра при подсчете запасов.....	53
6. Техничко-экономическое обоснование кондиций.....	59
6.1 Условия оконтуривания рудных тел.....	59
6. 2 Определение бортового содержания $Fe_{Общ}$ .....	60
6.3 Определение минимальной мощности рудного интервала .....	72
6.4 Определение минимально-промышленного содержания по блоку.....	75
6.5 Максимальная мощность безрудного прослоя и максимальная мощность рудного интервала.....	76
7.Подсчет и визуализация запасов железных руд и элементов примесей с применением геостатистических методов интерполяции. ....	79

7.1 Принципы выделения рудных интервалов и построения каркасной 3-D модели, подсчет запасов методом блоков. ....	79
7.2 Построение блочной модели рудных тел, интерполяция запасов железа методом универсального кригинга и подсчет запасов.....	84
7.3 Обоснование необходимой плотности бурения порогом влияния вариограмм. ....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	95
Список использованных источников .....	96



## ВВЕДЕНИЕ

Бакчарский железорудный узел является наиболее изученной частью Западно-Сибирского железорудного бассейна и представляет собой проявление осадочного оолитового (гетит-гидрогетитового) типа с отсутствием цементации в наиболее богатых железом горизонтах, а также с колоссальными ресурсами железных руд (порядка 400 млрд. т).

Изучение бакчарского железа началось в 1957 году, когда во время поискового бурения на нефть в западной Сибири скважина пересекла железорудный горизонт. Последовавшие далее поисковые работы под руководством Бабина А.А., локализовали огромные ресурсы железных руд, с отрицательной геолого-экономической характеристикой по причине сложных гидрогеологических и инженерно-геологических условий.

В начале XXI века вопрос о целесообразности разработки бакчарских руд вновь стал актуальным. Прежде всего, это связано с истощением железорудной базы и интенсивным развитием геотехнологических методов разработки месторождений. Также, выдвигались предположения о том, что осадочные толщи, сформировавшиеся в прибрежной части Западно-Сибирского, моря могут быть перспективными на обнаружение в них промышленного редкометального (REE, U) оруденения.

В период 2007-2014гг. проведены несколько этапов поисково-оценочных работ, предусматривающих геологическое изучение и оценку Бакчарской площади по категории  $P_1$  с выделением участка детализации по категории  $C_2$  (участок Западный) для отработки методом скважинной гидродобычи. Однако результаты этих работ не позволили принять запасы участка на баланс Государственной комиссии по запасам по ряду причин, некоторыми из которых являются непредставительное (выборочное) керновое опробование и отсутствие результатов изучения инженерно-геологических условий проявления.

В представленной работе автор проанализировал существующие проблемы, препятствующие дальнейшему освоению изучаемого объекта, разработал возможное решение этих проблем путем применения данных современных геофизических методов (РФА-спектрометрии и плотностного гамма-гамма каротажа). Также автором обработан значительный объем геохимических данных, изучен характер распределения вредных элементов-примесей (P, S, As) в рудной толще и ресурсный потенциал редких металлов Западного лицензионного участка.

Объектом исследования является участок Западный Бакчарского железорудного узла расположенный в Томской области.

Цель работы: разработать и обосновать методику подсчета запасов на участке «Западный» Бакчарского железорудного узла с применением современных геофизических методов исследования.

Основные задачи работы:

- Изучить геологическое строение Бакчарского железорудного узла;
- Изучить вещественный состав железорудной и редкоземельной минерализации Бакчарского железорудного узла;
- Определить возможность применения современных геофизических методов при подсчете запасов железных руд Бакчарского рудного узла;
- Провести подсчет запасов железных руд при различных вариантах аналитического материала, применяя современные методы 3-D моделирования и геостатистики;
- Изучить характер распределение вредных элементов-примесей и ресурсный потенциал редких металлов в железных рудах;

Спецификой настоящей работы является применение в работе современных компьютерных методов 3-D моделирования и геостатистики.

Автор выражает благодарность доценту кафедры геофизики Орехову Александру Николаевичу за предоставленные материалы геофизических исследований скважин.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук, доценту кафедры Геоэкологии и геохимии Домаренко Виктору Алексеевичу за всестороннюю помощь при выполнении работы, а также аспирантам кафедры Геоэкологии и геохимии Усольцеву Дмитрию Георгиевичу и Зайченко Андрею Петровичу за всестороннюю помощь и поддержку.

## 1. Общие сведения о месторождениях оолитовых бурожелезняковых руд.

Данный тип включает в себя хемогенно-осадочные морские месторождения пластовых оолитовых железных руд в терригенных и карбонатных толщах. Они широко распространены и представлены большим числом разновозрастных месторождений: протерозойских — Ангаро- Питский бассейн; ранне- и позднесилурийских — Клинтон (США); раннекарбоновых — Тульское, Липецкое; юрских — Лотарингия (Франция); меловых — Хоперское, Аятское, Лисаковское, Бакчарское; неогеновых — Керченское (рис. 9).

Месторождения отличаются огромными размерами. Их промышленные запасы измеряются миллиардами тонн руды. В Лотарингском бассейне разведанные запасы достигают 4,5 млрд. т, а возможные оцениваются в 10 млрд. т. В Керченском бассейне запасы руд составляют более 2 млрд. т, в Аятском свыше 8 млрд. т. Запасы клинтонских оолитовых железных руд в США достигают 14,3 млрд. т. По запасам и по значению в мировой экономике месторождения занимают второе место после железистых кварцитов. Во многих странах они являются основным и даже единственным источником сырья для черной металлургии. На долю осадочных месторождений приходится 14,8% мировых запасов и около 15% добычи.

Месторождения образовались в различных тектонических условиях. Они известны среди эвгеосинклиналией и миогеосинклиналией, краевых прогибов, древних и молодых платформ, могут быть морскими и континентальными. Все месторождения обладают общими особенностями, которые, видимо, обусловлены одинаковой обстановкой образования.

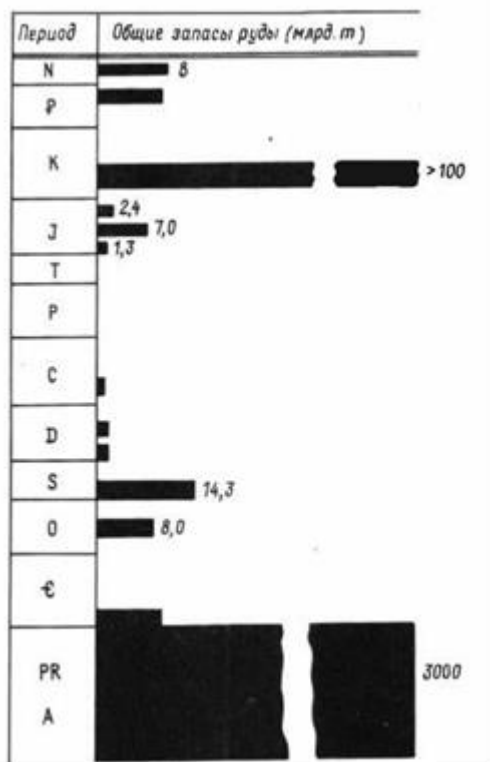


Рис. 9. Стратиграфическое размещение осадочных морских железных руд.

Руды залегают в форме пластов, занимающих определенное положение в стратиграфическом разрезе вмещающих их осадочных пород. Число пластов колеблется от 1 до 4—12, мощность от 0,5 до 30 м, а в сумме достигает 70 м. По простиранию пласты редко обладают большой устойчивостью, мощность их быстро меняется, содержание железа падает. Но железорудным горизонтам присуща большая протяженность. Так, минеттовые руды Лотарингии тянутся с севера на юг на 100 км, в Керченском бассейне более чем на 100 км, а клинтонские руды в США известны с перерывами вдоль всех Аппалачей.

Состав рудовмещающих пород варьирует. В одних месторождениях оолитовые руды залегают среди терригенных отложений, причем максимальное количество руды сосредоточено в зоне перехода от песков к более тонкозернистым осадкам (керченский тип). В других в составе рудоносной толщи главную роль играют массивные и оолитовые известняки, доломиты, мергели, песчаники (лотарингский тип).

Во всех месторождениях — от древних до молодых — руды сложены оолитами различного размера гидрогётитового, гётитового, лептахлорито-вого или сидеритового состава, обломками оолитов, примесью обломочного песчано-глинистого материала. Внутри рудных тел встречаются линзы сидерита, прослои терригенных пород. Цементом оолитов служат терригенный материал с железистым хлоритом и карбонаты кальция. Сидерит оолитовых руд всегда вторичный. Фациальный переход оолитовых руд в глины, алевролиты или известняки всегда происходит постепенно путем уменьшения количества оолитов в терригенном или карбонатном цементе.

Во всех оолитовых рудах мира всегда наблюдаются следы перемыва рудного материала, смешение оолитов разного состава, раздробление их. Это свидетельствует об образовании всех оолитовых руд в подвижной водной среде, а не в тихих застойных участках бассейнов.

Содержание железа в рудах колеблется от 20 до 50%, чаще всего 30—40%, руды обогащены фосфором (до 1,8%) и марганцем.

Положительным качеством большинства таких месторождений является легкая доступность для открытых разработок при возможности достигнуть крупных масштабов добычи, отрицательными — относительно низкое содержание в руде железа, наличие вредных примесей (фосфора, мышьяка) и малая эффективность обогащения руд.

**Керченский тип.** Представлен морскими месторождениями пластовых оолитовых бурожелезняковых руд в терригенных толщах. К нему относятся Керченский, Аятский и Западно-Сибирский железорудные бассейны мезозойско-кайнозойского возраста. Рудоносные площади входят в состав либо краевого прогиба альпийской складчатости (Керченский бассейн), либо чехла эпипалеозойской плиты (Западно-Сибирский бассейн).

В Керченском бассейне рудоносные отложения выполняют пологие брахисинклинальные структуры (рис. 1 О). В Аятском и Западно-Сибирском бассейнах они залегают почти горизонтально. Рудовмещающими отложениями являются прибрежно-морские рыхлые или слабо сцементированные

терригенные породы песчано-алевролитоглинистого состава с широким распространением в них хлоритов, сидерита, глауконита. Характерно отсутствие известняков. Последние отмечаются только в подрудных отложениях.

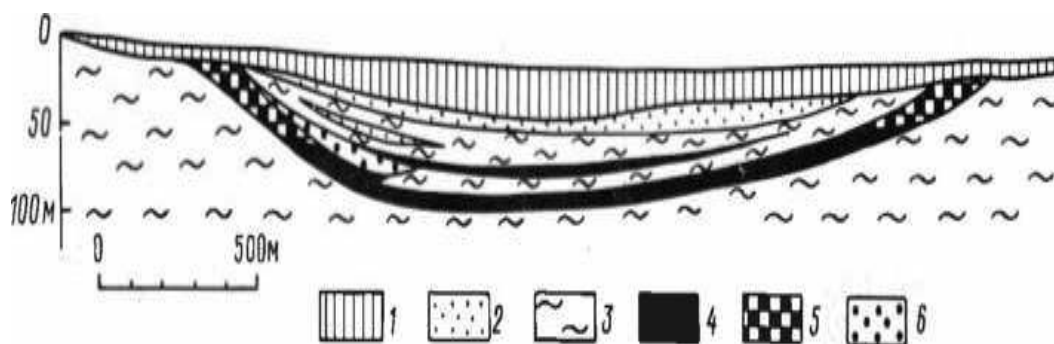


Рис. 10. Поперечный разрез рудоносной мульды Керченского месторождения.

*Условные обозначения: 1 — лёссовидные суглинки; 2 — пески и алевролиты; 3 — глины; 4 — табачные оолитовые руды; 5 — коричневые оолитовые руды; 6 — икряные (обломочные и обломочно-оолитовые) руды.*

Оолитовые руды залегают в виде пластов, крупных линз. В Керченском и Аятском бассейнах имеется по одному рудному пласту, мощностью от 2—9 до 30 м, в Западно-Сибирском бассейне до четырех пластов при средней мощности от 2 до 22 м. Оолиты сложены железистым хлоритом, гидрогётитом, размеры их колеблются от 0,25—0,4 до 1—4 мм, количество 40—60 об.%. Цемент хлоритовый, сидеритавый и гидрогётитовый, всегда песчано-глинистый. Содержание железа в рудных залежах неравномерное и колеблется от 20 до 40%. Руды керченских месторождений марганцовистые, особенно черные разновидности, в которых количество марганца достигает 8,5%. Кроме того, в рудах постоянно присутствует фосфор от 0,4 до 1,3%, а из малых элементов мышьяк, ванадий, никель, кобальт, титан.

В формировании оолитовых железных руд большую роль играли процессы диагенеза. Хотя основная концентрация железа в рудных пластах была создана еще при накоплении первичных железистых осадков, основные текстурные и структурные особенности руд, их современный минеральный состав возникли не во время седиментации, а при диагенезе, эпигенезе и гипергенном изменении руд.

**Лотарингский тип.** Оолитовые руды Лотарингии, называемые минеттами, образуют особый тип месторождений, связанный с формацией преимущественно карбонатных пород. Они развиты во Франции (Лотарингия), где добывается 95% всего количества железной руды, Люксембурге и Бельгии, ФРГ, Швейцарии, Англии. Все месторождения расположены в стратиграфическом интервале юры — от верхнего лейаса до келловейского яруса. Железные руды локализуются в пологих прогибах.

В составе пород рудоносной формации главную роль играют массивные и оолитовые известняки. Мощность рудоносного горизонта колеблется от 25 до 50 м и включает в себя несколько рудных пластов, переслаивающихся с безрудными пластами. В Лотарингии число пластов достигает до 12; в бассейне Ешь (Люксембург) 8 пластов руды, а в Эхте (Германия) 4. Мощность их обычно не превышает 7—10 м, но иногда в осевых частях прогибов достигает 20—30 м. Протяженность рудных залежей до 100 км в Лотарингии.

Руды мелкооолитовые (минетты) с размером оолитов 0,25—1 мм, имеют очень сложный и разнообразный минеральный состав. Оолиты сложены железистым хлоритом, гётитом и сидеритом. Ядрами оолитов служат зерна кварца, обломки оолитов ранней генерации, обломки раковин. В цементе преобладает то карбонат, то хлорит, в той или иной степени замещенный сидеритом. Особо важное промышленное значение имеет «серый пласт», сложенный железистыми оолитами с карбонатным цементом.

Содержание железа в рудах 30—50%, в «сером пласте» 31—36%. Руды сильно известковистые (содержание СаО достигает 30%), являются самоплавкими. В рудах распространены фосфаты (0,5—1,8% Р).



Месторождения лотарингского типа являются типичными осадочными, образовавшимися в прибрежной мелководной зоне неглубоких теплых морей, вероятно, за счет выноса рудного материала с суши [1].

## **2. Краткая характеристика геологического строения Бакcharского железородного узла.**

### **2.1 Физико-географический очерк**

Бакcharский участок расположен в Бакcharском районе Томской области в 235 км северо-западнее г. Томска, близ р.ц. Бакchar.

Географически, район находится на восточном склоне Обь-Иртышского междуречья центральной части Западно-Сибирской низменности.

В геоморфологическом отношении район работ расположен на Обь-Иртышском водоразделе, в долинном комплексе рек Парбиг и Бакchar, левых притоков р. Чаи. Реки типично равнинные, с сильно меандрирующими руслами и малыми скоростями течения.

Площадь работ представляет собой заболоченную и слабо всхолмленную равнину, с абсолютными отметками от 121 м на водораздельных участках до 89 м в речных долинах (рек Галка, Тетеринка, левых притоков р. Бакchar). Территория покрыта лесами, поймы рек заболочены, имеющиеся на территории болота преобладают в южной части района. Лесной покров таёжного типа. Пойменные участки и болота непроходимы для транспорта в летнее время и труднопроходимы зимой.

Климат района континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким теплым летом. Среднегодовая температура  $-0,7 - -1,6^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков колеблется от 560 до 623 мм. Снежный покров достигает 130 см и держится до начала мая. Максимальная глубина сезонного промерзания наступает в конце марта и достигает 280 см. Преобладают ветры юго-западного и южного направлений.

Наиболее крупные населённые пункты – сёла Бакchar, Чернышевка, Поротниково с населением от первых сотен до 7000 человек. Основное занятие коренного населения – сельское хозяйство. Площадь работ пересекает высоковольтная ЛЭП. Связь с областным центром г. Томском осуществляется

автомобильным транспортом по асфальтированным (г.Томск – г.Бакчар) и грунтовым автодорогам. Ближайшая железнодорожная станция «г. Томск» находится в 235 км от участка работ.

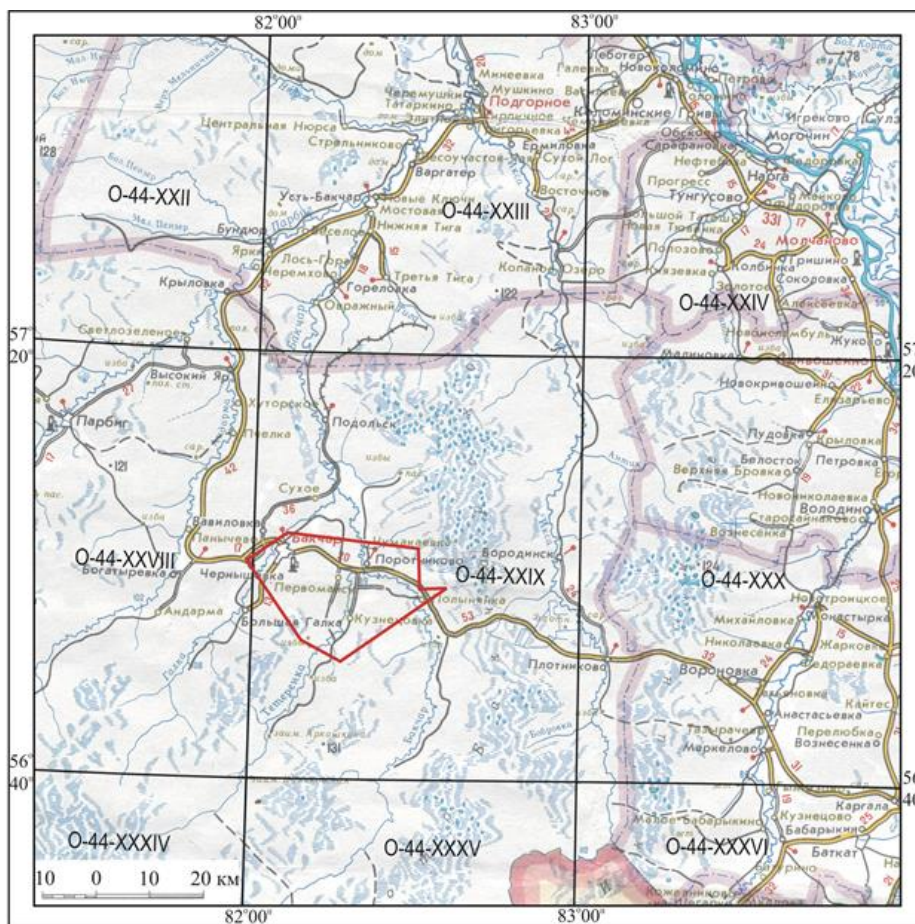


Рис. 1 Обзорная карта

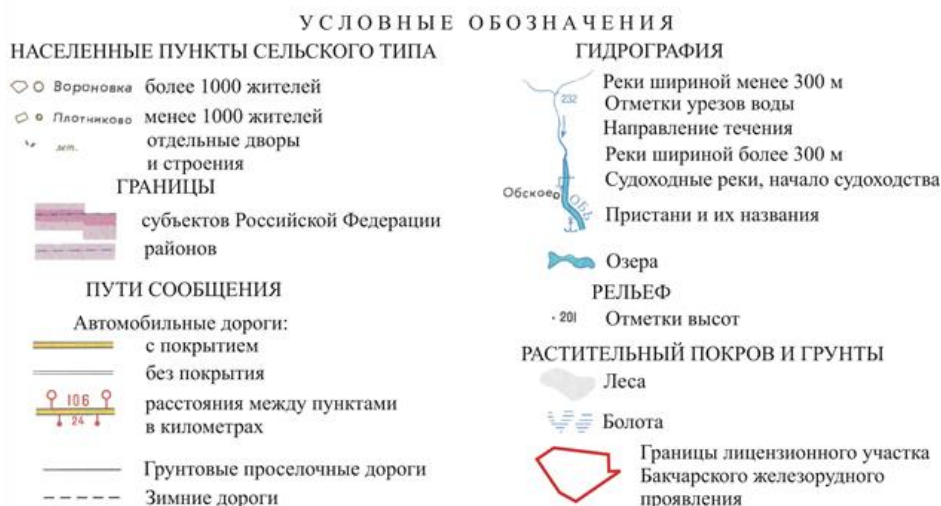


Рисунок 2.1. Географическое положение Бакчарского железорудного узла (проявления).



## 2.2 Стратиграфия

В сводном стратиграфическом разрезе района Бакчарского проявления выделены отложения меловой, палеогеновой и четвертичной систем.

### Меловая система

Меловые отложения морского и прибрежно-морского генезиса коньяк-маастрихских образований верхнего отдела и представлены кузнецовской, ипатовской и ганькинской свитами.

Кузнецовская свита ( $K_2kz$ ) вскрыта только скважиной 1Б, расположенной на севере с. Бакчар. Вскрытый разрез свиты представлен зеленовато-серыми кварцевыми песками с прослоями глин. Возраст отложений – турон-коньякский.

Ипатовская свита ( $K_2ip$ ) залегает на кузнецовской, перекрывается ганькинской свитой и сложена зеленовато-серыми мелкозернистыми песками и песчаниками с прослоями алевролитов и глин. Пески и песчаники обычно глауконитовые, кварц-глауконитовые, иногда лептохлоритовые или гидрогетит-лептохлоритовые. В районе к песчаникам кровли приурочен нарымский железорудный горизонт с гидрогетит-лептохлоритовыми рудами с прослоями зелено-серого аргиллита, глины, алевролита. Мощность железосодержащих пород горизонта меняется от 2-3 до 6-7 м. Возраст свиты определяется коньяк-сантонским. Вскрытая мощность свиты до 100 м.

Ганькинская свита ( $K_2gn$ ) залегает на ипатовской свите, перекрывается люлинворской свитой палеогена. Свита преимущественно песчаного состава. В ее кровле залегает колпашевский железорудный горизонт (3-24 м), имеющий обычно трехчленное строение. Нижнюю и среднюю его части слагают глауконитовые песчаники, верхнюю – оолитовые гетит-гидрогетит-лептохлоритовые, реже глауконит-гидрогетитовые руды и железистые песчаники. Руды образуют линзы мощностью от 1,5 до 12 м. Возраст свиты установлен как маастрихтский. Мощность свиты в данном районе не превышает 45 м.

### Палеогеновая система

Палеогеновые отложения широко распространены и представлены люлинворской морской, юрковской прибрежно-морской, новомихайловской и лагернотомской континентальными свитами.

Люлинворская свита ( $P_{1-2ll}$ ) залегает с размывом на отложениях ганькинской свиты и перекрывается юрковской свитой. В нижней части разреза свиты – кварц-глауконитовые песчаники и пески; в верхней - зеленые тонкослоистые глины, опоковидные. К песчаникам нижней пачки приурочены слои гидрогетитовых оолитовых железных руд, бакчарского

Таблица 2.1 Сводная стратиграфическая таблица.

Общая стратиграфическая шкала				Легенда Обской подсерии Западно-Сибирской серии листов государственной геологической карты РФ		Железорудные горизонты
Система	Отдел	П/отдел	Ярус	Горизонт	Свиты	
Палеогеновая	Оligоцен	верхний	хаттский	журавский	Лагернотомская	
		нижний	рюпельский	новомихайловский	Новомихайловская	
				атлымский	Атлымская	
	Эоцен	верхний	приабонский	тавдинский	Юрковская	
		средний	бартонский		Тавдинская	
			лютетский	люлинворский	Люлинворская	
		нижний	ипрский			
	Палеоцен	верхний	танетский	талицкий	Талицкая	Бакчарский
			зеландский			
		нижний	датский	ганькинский	Ганькинская	Колпашевский
	Верхний	маастрихтский	славгородский			
		кампанский	ипатовский	Ипатовская	Нарымский	
сантонский						
коньякский						
туронский		кузнецовский	Кузнецовская			
сеноманский		уватский	Покурская			
Нижний		альбский		ханты - мансийский		
	аптский	алымский		Киялинская		

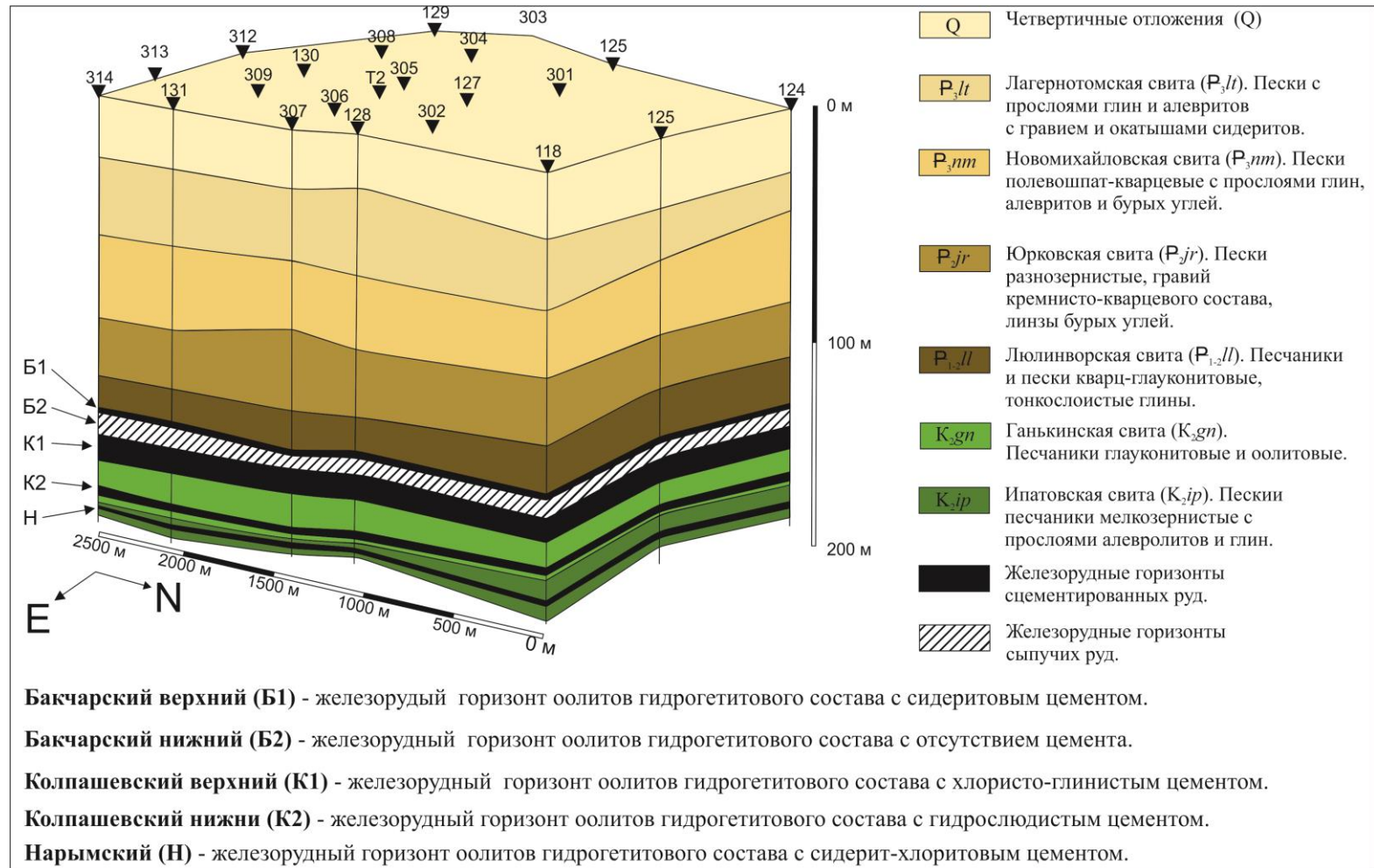


Рисунок 2.2. Блок-диаграмма геологического строения Западного участка.



железородного горизонта, мощностью от 1-2 до 15-20 м. Возраст свиты, определен как палеоцен-ранне-среднеэоценовый. Мощность свиты не превышает 40 м.

Юрковская свита ( $P_{2jr}$ ) залегает на глинах люлинворской свиты, перекрывается с размывом новомихайловской. Свиту слагают серые, желтовато-серые, иногда бурые разномзернистые пески с гравием. Нижний горизонт обычно представлен гравийно-галечными породами кремнисто-кварцевого состава. В них часто встречаются окатыши глин серого и бурого цвета, гальки каолинизированных песчаников, сидеритов, куски обуглившейся древесины. В верхней части разреза свиты преобладают мелкозернистые пески, содержащие редкие глинистые прослои, обугленные куски древесины, линзы бурых углей. Мощность свиты 40-56 м.

Новомихайловская свита ( $P_{3nt}$ ) повсеместно распространена на территории участка. Свита залегает с размывом на отложениях юрковской свиты, подстилая в свою очередь лагернотомскую свиту. Аллювиально-озерный генезис свиты обуславливает неоднородность литологического состава отложений. Свита, представлена серыми и буровато-серыми полевошпатово-кварцевыми песками с прослоями глин, алевритов и бурых углей. Пласты бурых углей обычно небольшой мощности. В отдельных разрезах преобладают глины с растительным детритом, имеющие серую, темно-серую, зеленовато-серую и бурю окраску. Нередко встречаются пачки тонкого переслаивания глин, алевритов и тонкозернистых песков. Мощность свиты 40-46 м.

Лагернотомская свита ( $P_{3lt}$ ) залегает с размывом на новомихайловской свите и перекрывается четвертичными отложениями и сложена серыми и зеленовато-серыми песками, глинами и алевритами с линзами и прослоями бурых углей и лигнитов. Пески серые, иногда зеленовато-серые, тонко-мелкозернистые, в основании толщи с гравием и окатышами глин и сидеритов. Глины серые, зеленовато-серые, реже коричневые и черные. Мощность свиты до 46 м.

Четвертичная система

Четвертичные отложения представлены отложениями смирновской, тобольской свит, сузгунской толщи, аллювиального комплекса речной сети и покровными образованиями.

Тобольская свита ( $Q_{II}tb$ ) приурочена к долинам р.р. Галка, Тетеренка и Бакчар. Тобольские образования залегают под сузгунской толщей и сложены серыми разномерными песками, суглинками и глинами, в подошве свиты иногда встречаются гравий и галькой. Мощность свиты до 10 м.

Озерные образования сузгунской толщи ( $Q_{II}sz$ ) развиты на всей территории участка работ. В составе толщи выделяются три пачки пород. Нижняя часть разреза толщи (11-17 м) сложена темно-серыми, серовато-сизыми, зеленоватыми иловатыми тонкослоистыми глинами с погребенными почвами и включениями слаболигнитизированных растительных остатков. Средняя пачка (3-10 м) представлена супесями, суглинками, иногда оторфованными с прослоями песков и включениями древесных остатков. Верхняя пачка (10-13 м) представлена буровато-серыми песчанистыми, нередко лессовидными супесями и суглинками. Мощность отложений до 43 м.

Аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы ( $a^3Q_{III}$ ) развиты по берегам рек Бакчар, Тетеренка и Галка и представлены песками, суглинками, глинами, иногда с гравием и галькой в подошве. На поверхности террас часто развиты современные торфяники. Мощность отложений террасы 15-18 м.

Субаэральные покровные образования ( $Q_{III-IV}$ ) занимают все водораздельные пространства, перекрывая сузгунскую толщу. Они представлены желтовато-серыми комковатыми суглинками. Мощность отложений 3-6 м.

Аллювиальные отложения ( $aQ_{IV}$ ) в районе участка формируют пойменные террасы всех рек. Они сложены галечниками, суглинками, илами. Мощность отложений 3,5-13 м.

Болотные образования ( $bQ_{IV}$ ) имеют широкое развитие в центральных частях водораздельного плато, меньшее - на террасах. Они представлены торфом мощностью 1-5 м.

## 2.3 Тектоника

В тектоническом отношении обширная площадь Западно-Сибирского железорудного бассейна, тяготеющая к восточной окраине Западно-Сибирской низменности, слабо изучена. Это обстоятельство объясняется большой мощностью покровных мезо-кайнозойских отложений и глубоким залеганием складчатого палеозойского фундамента.

Современные представления о тектонике Западно-Сибирской низменности базируются на большом количестве данных опорного бурения и региональных геофизических исследованиях, проводимых в последние десять лет.

Из-за большой мощности покрова рыхлых мезокайнозойских отложений, достигающей в описываемом районе 2-3 км, установление структуры палеозойского фундамента довольно сложно. По обобщенным Н.Н. Ростовцевым данным, в фундаменте Западно-Сибирской низменности намечается четыре системы глубинных разломов, из которых преобладающими являются разломы, близкие к меридиональному направлению. В юго-восточной части низменности, в зоне погружения Северо-Казахской складчатой зоны, преобладают северо-западные разломы. В юго-восточной части, районе Барабинской и Кулундинской степей, а также в описываемом районе намечаются разломы северо-восточного простирания. По данным Н.Н. Ростовцева, в среднем бассейне р. Оби, преобладающее развитие имеют герцинские складчатые структуры. К западу от р. Оби они сменяются каледонскими. В мезокайнозойском покрове Н.Н. Ростовцев отмечает структуры 1, 2 и 3 порядков. К структурам первого порядка он относит крупные поднятия и впадины, к структурам второго порядка – валы и прогибы, к третьему - небольшие поднятия местного значения.

В Бакчарском районе, на фоне общей Колпашевской депрессии, отмечаются положительные структуры второго порядка в виде вытянутых погребенных валов, чередующихся с прогибами. Меридионально или почти меридионально вытянутые погребенные валы имеют брахиантиклинальное

строение с пологим погружением крыльев на север, запад и восток. Такое брахиантиклинальное строение очень характерно для Бакчарского погребенного вала, прослеживающегося от д. Вавиловка на севере, до озера Белого на юге. Пологий подъем Бакчарского вала к югу сменяется в районе оз. Белого резким погружением на юг.

Простираение таких погребенных структур мезозойско-кайнозойского покрова обычно совпадает с простираением складчатых комплексов фундамента.

В составе чехла выделены комплексы: собственно плитный, состоящий из морских, прибрежно-морских, континентальных отложений мела и частично палеогена; и неотектонический, охватывающий верхний эоцен - четвертичные отложения.

#### **2.4 Полезные ископаемые**

В верхнемеловых и палеогеновых отложениях имеются признаки возможного размещения фосфоритов, руд цветных металлов, алмазов, а также известны проявления бурых углей и руд черных металлов.

**Ж е л е з о.** Руды Бакчарского железорудного проявления объединены в три горизонта. Два нижних горизонта – нарымский и колпашевский, входят в состав верхнемелового комплекса отложений (сантон-кампан-маастрихт); верхний или бакчарский горизонт находится в составе палеогеновых отложений верхнепалеоцен-среднеэоценового возраста.

Более подробное описание рудных горизонтов приводится ниже по тексту.

**Ф о с ф о р и т ы.** Признаки фосфоритоносности характерны для всех железорудных отложений. Это тонкие прослои карбонатно-фосфористых песчаников среди пород железорудного колпашевского горизонта желваки и стяжения фосфоритов фосфоритовых песчаников в нижней части разреза бакчарского горизонта.

Песчаники с повышенным содержанием пятиоксида фосфора имеют, как правило, слабо выраженную оолитовую структуру. Содержание пятиоксида фосфора в таких песчаниках от 2,6–3,9, а иногда до 6,9 %.

Содержание пятиоксида фосфора в конкрециях фосфоритов не превышает 19 %, составляя в большинстве случаев 10-15 %.

Возможность обогащения песчаников и получения из них фосфоритовых конкреций из-за малой мощности и небольшого количества конкреций мало вероятна и без попутной добычи железных руд нецелесообразна.

Наличие повышенных содержаний фосфатов свидетельствуют о возможности нахождения в районе обособленных горизонтов фосфоритовых песчаников с промышленным содержанием пятиоксида фосфора.

Т и т а н. Повышенные содержания ильменита отмечаются в песчаных прослоях всех железорудных горизонтов. Содержания титановых минералов достигает в 2,8 кг/т и циркона – 1 кг/т.

Обогащены титановыми минералами и цирконом пески верхней части юрковской свиты. Мощность всей свиты 15-20 м, песков с повышенным содержанием ильменита не превышает 9 м. Содержание ильменита в палеогеновых песках колеблется в пределах от 0,15 кг до 3,0 кг/т., лейкоксена, рутила, не превышает нескольких граммов на тонну песков. Содержание циркона обычно колеблется в пределах 0,1-0,2 кг/т, редко оно достигает 0,3 кг/т.

Б у р ы е у г л и. Они относятся к олигоценовой угленосной формации, включающей многочисленные залежи бурых углей и лигнитов. Углеобразование связано с отложениями новомихайловской и лагернотомской свит. Основная часть буроугольных залежей приурочена к позднему уровню верхних горизонтов лагернотомской свиты, на протяжении которого формировался один пласт, реже два-три, разделенные глинистыми породами, чаще углистыми глинами. Мощностью пластов от 0,2 до 2,5 м. В единичных случаях мощность пластов и линз бурого угля увеличивается до 3,6 м. Залегают угли на глубине 60-120 м от дневной поверхности.

Зольность бурых углей от 10,9 до 15,5 %, теплотворная способность от 4 310 до 7 205 калорий. Промышленного значения до настоящего времени местные бурые угли не имели из-за малой мощности пластов, большой глубины залегания и плохого качества углей.

С четвертичными отложениями связаны неметаллические полезные ископаемые. К ним относятся керамзитовые глины, торф, сапропел.

Бакчарское месторождение керамзитового сырья (№ 1) приурочено к покровным суглинкам и суглинкам верхнечетвертичных отложений сузгунской толщи. Суглинки пригодны для получения керамзита марки 500, а также обыкновенного кирпича марки 100. Балансовые запасы суглинков по категориям А+В+С<sub>1</sub> составляют 693 тыс.м<sup>3</sup>. Месторождение в настоящее время не эксплуатируется.

Торфяники в районе имеют широкое развитие и занимают водоразделы крупных рек. Маломощные торфяники связаны с террасовыми комплексами, располагаясь в долинах этих рек: Сухое-Вавиловское (№ 2) и Поротниковское (№ 3) месторождения.

Для торфяных месторождений Сухое-Вавиловское и Поротниковское характерно совместное залегание болотных карбонатов и фосфатов. Мощность торфяного пласта 1,6-2,2 м. Оба месторождения не эксплуатируются.

Для хозяйственно-питьевого централизованного водоснабжения населения сел Бакчар и Поротниково были разведаны два месторождения пресных подземных вод: Бакчарское - № 4, Поротниковское - № 5, с эксплуатационными запасами по категориям А+В - 17,5 тыс.м<sup>3</sup>/сут и 7,5 тыс.м<sup>3</sup>/сут, которые до настоящего времени не эксплуатируются.

## 2.5 Обоснование группы сложности геологического строения

Согласно Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и Инструкции по применению Классификации к железным рудам, Бакчарское проявление железных руд, представленное линзообразной залежью рыхлых железных руд, характеризующейся относительно сложным строением и достаточно выдержанным качеством руд, соответствует месторождениям 2-й группы сложности геологического строения (табл. 2.1).[2]

Таблица 2.1 показателей изменчивости основных свойств оруденения.

Коэффициент рудоносности $K_p$	0,86
Показатель сложности $q$	0,77
Коэффициент вариации мощности $V_m$	39,8%
Коэффициент вариации содержания железа $V_c$	18,2%

Таблица 2.2 Расчет коэффициента вариации по содержанию компонентов и по мощности

№ скв.	Мощность (m), м	Среднее содержание по скв., %			Среднеквадратичное отклонение (S <sub>c</sub> )			Коэффициент вариации (V <sub>c</sub> )		
		Fe вал	V	P	Fe вал	V	P	Fe вал	V	P
1Б	16,3	31,00	0,11	0,43	10,50	0,04	0,16	33,9	36,4	37,0
22Б	10,7	38,09	0,13	0,59	6,71	0,02	0,01	17,6	17,3	2,5
23Б	4,4	35,44	0,14	0,52	5,87	0,01	0,08	16,6	8,0	15,1
28Б	11,2	38,24	0,14	0,56	4,16	0,02	0,05	10,9	11,1	9,3
29Б	12,9	37,17	0,15	0,56	7,34	0,02	0,12	19,7	16,2	21,5
101	11,3	36,57	0,23	0,41	3,00	0,03	0,03	8,2	14,8	7,3
105	9,0	35,69	0,12	0,56	6,21	0,02	0,11	17,4	19,8	19,1
118	13,1	34,68	0,15	0,57	5,89	0,02	0,12	17,0	12,1	21,7
123	18,7	32,59	0,14	0,40	9,46	0,03	0,18	29,0	19,5	44,8
124	2,6	34,50	0,13	0,49	8,88	0,03	0,22	25,7	21,8	45,2
125	9,0	32,37	0,13	0,24	9,69	0,05	0,09	29,9	36,7	39,0
126	11,0	33,40	0,15	0,41	7,63	0,04	0,10	22,8	24,7	23,5
128	8,0	35,18	0,17	0,54	1,90	0,01	0,02	5,4	5,6	3,7
129	9,0	38,73	0,16	0,49	7,25	0,03	0,10	18,7	15,8	19,7
130	7,0	38,96	0,13	0,57	1,16	0,02	0,02	3,0	14,2	4,0
131	13,1	27,38	0,14	0,41	7,36	0,02	0,11	26,9	14,2	26,9
127	9,6	30,12	0,15	0,43	10,69	0,04	0,16	35,5	26,7	36,0
5Б	5,9	37,52	0,12	0,48	2,11	0,01	0,03	5,6	6,7	5,8
22Б	10,7	38,04	0,13	0,59	6,71	0,02	0,01	17,6	17,3	2,5
25Б	4,7	37,64	0,14	0,69	1,17	0,00	0,10	3,1	2,2	14,5
Среднее по рудному телу								18,2	17,1	20,0
m <sub>ср</sub>	9,9									
S <sub>m</sub>	3,9									
V <sub>m</sub>	39,8									

Примечание.

m<sub>ср</sub> – средняя мощность рудных пересечений,

S<sub>m</sub> – среднеквадратичное отклонение мощности,

V<sub>m</sub> – коэффициент вариации мощности



## 2.6. Гипотезы формирования руд

В последнее десятилетие по проблемам геологии Бакчарского железорудного узла защищено несколько кандидатских диссертаций. В работе Ассочаковой Е.М. [3] наиболее подробно приводится литературный обзор возможных гипотез рудообразования изучаемого объекта.

Большинство исследователей считают, что оолитовые железные руды Возникли в обстановке чрезвычайно мелководных, прибрежных частей моря, куда поступало значительное количество обломочного материала и где огромную роль играла гидродинамика водоёма (волнения, течения, размыв и цецеотложение). Вдоль всего побережья на 50 - 100 км господствовало мелководье, и оно гасило интенсивное движение вод открытого моря. Благодаря турбулентным волновым движениям, захватывающим и взмучивающим осадок, основная масса гидрогётитовых руд носит следы большего или меньшего перемыва, что говорит о том, что руды формировались в мелководной обстановке на небольших глубинах, где волновое движение достигало дна. Вероятно, была хорошая вентиляция придонного слоя воды и молодого осадка из-за постоянных волновых движений, и глубина отложения железных руд может быть несколько большей.

Палеогеографические условия железоотложения в пределах ЗСБЖ выявляются только по остаткам растений и пыльцы. Роль климата в формировании бассейна в первую очередь, сказалась на качественной характеристике кор выветривания питающих провинций. В апт-альбе климат был менее теплым, чем в юре, в сантоне потеплел до субтропического при последующем его смягчении. На юге ЗСБЖ в верхнем мелу и начале третичного времени, судя по спорово-пыльцевым комплексам, остаткам листьев и плодов, господствовал теплый и влажный климат. Похолодание климата начинается со среднего олигоцена. В таких условиях выветривание богатых железом древних пород имело профиль, близкий к латеритному, что способствовало возникновению в коре выветривания бурожелезняковых и

железо-бокситовых месторождений.

На мел-палеогеновое время в ЗС бассейне приходится очень частое чередование трансгрессий и регрессий. По данным авторов формирование железорудных горизонтов в прибрежно-морской зоне связано с регрессивными трактами: Нарымский - коньяк-сантонского времени, Колпашевский - кампан-маастрихтского времени, Бакчарский - зеландско-нижнетанетского времени и Тымский — верхнетанетско-бартонского времени. По А-А. Коршуновой и О.М. Гриневу комплекс зеленовато-серых пород, вмещающих глауконит-хлоритовые руды представляет собой тектоно- гравитационные микститы, своего рода олистостромы, возникшие в подводных условиях на трансгрессивных этапах на глубинах от десятков до 150 м, что свидетельствует о проявлении активной тектоники ложа бассейна железнакопления. В работе приводятся следующие выводы: «ЗСЖБ располагается над восточной депрессионной зоной триасовой рифтовой системы ЗС плиты, которая к моменту формирования бассейна была перекрыта юрско-нижнемеловым комплексом плитно-синеклизного чехла, но сохраняла ограниченную мобильность, так как в свою очередь трассировала зону сочленения байкало-каледонских консолидированных сооружений с более молодыми герцинидами доюрского фундамента. Расчленение рельефа сопровождалось массовым приразломным дроблением уже сформированных толщ, взмучиванием придонных вод, формированием особого гидродинамического режима, а также притоком седиментогенных и катагенных вод из толщ юрско-раннемелового комплекса ЗС плиты».

Следующим аспектом проблемы генезиса железных руд являются источники металла и образование оолитовых структур.

В настоящее время предполагают пять типов вод способных осуществлять перенос железа на место отложения руд: вулканические, подземные, речные, морские и поровые. Достоверных данных о вулканических процессах, которые могли сопровождаться выносом железа в ЗСЖБ нет. Остальные же типы вод могли играть важную роль.

Подземные воды на Бакчарском месторождении заключены в пяти

водоносных горизонтах и практически повсеместно содержат высокие концентрации ионов железа до 30 г/т. Воды обогащены, кроме железа, марганцем, органическим веществом и обеднены свободным кислородом. При этом в водах четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений держание железа в 1,5-2 раза выше, чем в водах верхнемеловых отложений. Эти воды находятся в термодинамическом равновесии с наблюдаемым аутигенным комплексом минералов и относятся к кремнистому кальциево-железистому геохимическому типу. Участие подземных вод в формирование железных руд ЗСЖБ довольно проблематична в силу ограниченной подвижности.

Наиболее популярна гипотеза о переносе железа речными водами. Главным источником железа в реках являются грунтовые воды, в которых оно находится в виде бикарбоната, поддерживаемого в растворе отсутствием свободного кислорода и наличием большого количества  $\text{CO}_2$ . При поступлении грунтовых вод в реку происходит окисление бикарбоната железа в оксид. Большая часть оксида железа в силу малой растворимости выпадает в раствор в виде геля, а остаток продолжает перемещаться с водой под защитой органических коллоидов. В устьях рек, где происходило массовое и быстрое осаждение металла, этот механизм потенциально мог быть главным при образовании крупных залежей железа особенно в полуизолированных прибрежных бассейнах. Но какой бы тип рек не был, всегда массы обломочного материала подавляют массы одновременно мигрирующего растворенного железа. Вследствие этого другой способ — это перенос железа на поверхности глинистых частиц и в составе обломков. Терригенный комплекс минералов в оолитовых рудах, представленный кварцем, полевыми шпатами, магнетитом, ильменитом, цирконом и рутилом говорит, что источниками их были магматические горные породы кислого и основного состава. Питающими провинциями по данным работы были Докембрийские и палеозойские породы западной части Сибирской платформы, Енисейского кряжа, западной половины Восточного Саяна, дверные отроги Кузнецкого Алатау, Колывань-Томской складчатой зоны и Эозойские доаптские отложения южной и восточной окраин

ЗС низменности. Руды формировались в начальные стадии трансгрессий моря в связи с оживлением эрозионной деятельности, связанные с разрушением кор выветривания.

В.А. Стахович связывает образование месторождений оолитовых железных руд мезо-кайнозоя Европы с деятельностью гидротермальных рудных растворов в активную стадию континентального рифтогенеза. В этом отношении весьма интересными и для выяснения источника железа являются находки низкотемпературных гидротермальных жил оолитового и бурожелезнякавого состава в бассейнах рек Тугояковки, Басандайки, Ушайки и Томи на юге области, о которых говорится в работе О.М. Гринёва и В.С. Прокопьева [31]. Аналогом создавших их гидротерм, по всей вероятности, были катагенные подземные воды нефтегазоносных бассейнов, поскольку сам ЗСЖБ почти целиком расположен в пределах одноименной нефтегазоносной провинции. В такой пространственной ассоциации, по-видимому, лежат генетические причины, т.к. формирование железных руд - такой же естественный результат эволюции осадочных бассейнов, как и появление в них месторождений углеводородного сырья. Вполне вероятно, что месторождения железа ЗСЖБ приурочены к зонам катагенной разгрузки подземных вод и связаны с неоднократными трансгрессиями моря.

В работах В.И. Холодова и соавторов отмечается, что источниками железистых растворов в ходе формирования оолитовых железных руд были торфяные болота. *«Кислые болотные воды, сформированные в нижней части торфяников, выносили с почвенным стоком в ручьях и небольших протоках огромное количество двухвалентного железа в ионной форме и в виде железорганических соединений. Вместе с железом мигрировали глинозем, кремнезем и фосфор. Источником железа в болотных водах, с одной стороны, являются подстилающие породы, а с другой — тот терригенный материал, который поступает в область заболачивания со стороны в виде взвеси».* Подтверждением приведенной точки зрения для ЗСЖБ служат известные многочисленные континентальные проявления болотных руд. Наиболее

*известные из них в Томском Приобье - Поздняковское, Казанское, Киреевское, изучены они слабо, поскольку не имеют промышленного значения. Аналогичные рудопроявления болотных лимонит-сидеритовых руд встречаются в бассейнах рек Енисея, Кети, Кии, Чулыма, Томи и др. Речной бассейн Оби и ее притоков характеризуется постоянной высокой железистостью вод, что и выражается в повсеместном образовании этих руд. В пределах болотных систем прослеживается определенная минералого-геохимическая зональность. Внутри торфяных болот образуются линзовидные залежи сидеритов, анкеритов, вивианитов и разнообразных гидроксидов железа, реже марганца. По периферии, на континенте накапливаются гидроксидные железные руды, сложенные гётитом, гидрогётитом и рентгеноаморфными гидроксидами железа, часто с примесью фосфора. Оолитовые гидроксидно-хлорит-сидеритовые руды формируются на далеких флангах заболоченных областей морского мелководья.*

Как видно из анализа литературы в формировании оолитовых железных руд участвовали различные по типу воды. Главным поставщиком взвешенного железа выступали — речные и болотные воды, «растворенного» - подземные воды (грунтовые, поровые, катагенные).

Оолитовая структура — является отличительной характеристикой данного типа руд. О механизме образования железных оолитов существует самые разные точки зрения. Многие исследователи считают, что их появление это результат последовательного отложения имеющих разные заряды коллоидных мицелл гидроокиси железа и кремнезема. В литературе часто упоминается идея о первоначальном карбонатном составе оолитов, сложенных арагонитом, которые позднее превращались в шамозит-гётитовые. В качестве аргументов против этого предположения можно говорить об отсутствии карбонатных стяжений в рудовмещающих толщах, к тому же оолитовые известняки содержат мало алюминия по сравнению с железистыми породами.

Главным фактором оолитообразования многие исследователи предполагали процесс смешения пресных речных вод с солеными водами морей, другие окисление двухвалентного железа и его выпадение в осадок в обстановке интенсивного перемешивания вод. Существует гипотеза, что оолиты сами по себе являются обломками и образовались при разрушении кор выветривания.

И.П. Новохатский, изучавший месторождения оолитовых руд Казахстана и обобщивший большой литературный материал выделял оолиты нормального нарастания, коагуляционные, регенерированные, замещенные. Л.Н. Формозова в оолитовых рудах Северного Приаралья различает первичные хлорит-гидрогётитовые и оолиты с гётитом и неясным концентрическим строением, подвергшиеся выветриванию. А. Мііске, F.Farshad при описании месторождений фанерозойских оолитовых железных руд Европы, Африки и Северной Америки выделили каолинитовые (исходные) и шамозитовые (вторичные) типы оолитовых руд. Л.Е. Рейхард, рассматривая генезис киммерийский оолитовых железных руд Таманского полуострова, подчеркивает, что на их формирование влияют процессы диагенеза и гидродинамика моря.

Строение изученных оолитов позволяет представить некоторые особенности механизма их образования. Поскольку в ядрах оолитов часто наблюдаются терригенные минералы, это исключает возможность их образования в латеритных корах выветривания. К тому же ориентировка концентрических слоев в оолитах тангенциальная и вдоль них отмечаются включения редкоземельных фосфатов и самородного серебра, а зональность имеет инверсионный характер с равномерным чередованием содержания  $Fe_2O_3$ общ. Согласно оолиты, образовавшиеся при разрушении кор выветривания имеют радиальную ориентировку чешуек и не имеют явной Зональности. Равномерное чередование содержания железа в оолитах говорит об устойчивом гидродинамическом режиме, т.е. формирование оолитов шло в обильных условиях без перемылов и перемешивания.

Присутствие коллоидных комплексов в составе оолитов подтверждают морфотипы с однородным внутренним строением и многочисленными включениями обломочных минералов, а также оолиты, состоящие из нескольких меньших по размеру округлых сгустков (ооидов). Исследования показывают, что оолиты возникали в придонном слое ила в спокойной гидродинамической обстановке. Специфическими условиями оолитообразования были ритмические изменения геохимической среды (кислотности-щелочности, окислительно-восстановительного потенциала и др.), которые способствовали изменению состава концентрических слоев оолита. Изначально оолиты не имели внутренней структурированности, это были своего рода сгустки округлой формы, состоящие из гидроксидов железа и глинистого вещества, и лишь диагенез привел к изменению их облика и обособлению минеральных агрегатов. В пользу этого факта говорит, тесная ассоциация гидроксидов железа с другими минералами и то, что морфотипы оолитов с однородным внутренним строением встречаются главным образом в глауконит-хлоритовых рудах, а в окисленных гётит-гидрогётитовых рудах наблюдаются ядерные и зональные оолиты.

### 3. Материалы и методы исследования

Исходным материалом для исследования послужили аналитические данные полученные при поисково-оценочных работах предприятиями ООО «ТомГДКруда» и ООО «ГелионТОМ+» в период 2007-2014гг. предоставленные научным руководителем автора В.А. Домаренко.

Для проведения исследования были использованы следующие данные:

1) данные количественного химического анализа (594 пробы) на содержание  $Fe_{\text{общ.}}$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$ ,  $V_2O_5$ ,  $Mn_{\text{общ.}}$ . Анализ выполнен методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AA) в лаборатории АСИЦ-ВИМС (г. Москва);

2) данные количественного химического анализа (341 пробы) на 65 элементов. Анализ выполнен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в ХАЦ «Плазма» (г. Томск);

3) данные количественного рентгено-флуоресцентного спектрометрического анализа керна скважин на Fe, As, Mn, Ti, Cr, Co, Ni, Zn, Zr, Pb, Bi с шагом 20 см портативным спектрометром фирмы NITON (14 400 замеров);

4) данные плотностного гамма-гамма каротажа (метод рассеянного гамма-излучения) по 21 скважине. Исследования проводились аппаратурой ПРКЛ-73А с шагом квантования 0,02м;

5) данные физико-механических испытаний (253 пробы).

Данные химического состава обрабатывались с применением компьютерного программного обеспечения MS Excel. Строились точечные диаграммы элементов для вычисления уровня корреляции и получения уравнения регрессии (подробнее это обсуждается в главе 5.1).

Данные физико-механических испытаний (природная плотность грунтов) коррелировались с данными плотностного гамма-гамма каротажа в MS Excel для вычисления уровня корреляции и получения уравнения регрессии (подробнее это обсуждается в главе 5.2).



В общей сложности были обработаны данные 15 335 анализов.

Обработанные данные использовались для оконтуривания рудных тел и подсчета запасов. Подсчет запасов проводился в горно-геологической системе Micromine методами геологических блоков (простого усреднения) и геостатистики (ординарный кригинг).

## **4. Вещественный состав железных руд и редкоземельной минерализации**

### **4.1 Основные особенности состава и строения рудной толщи**

В основу классификации оолитовых руд Бакcharского рудопроявления взяты особенности минерального состава и текстурно-структурные особенности руд. Все руды делятся на две группы: сыпучие и сцементированные. Внутри группы выделяются типы по минеральному составу цемента:

#### **I. Оолитовые сыпучие руды**

- руда гидрогетитовая оолитовая сыпучая с гидрогетито-глинистым цементом;

#### **II. Оолитовые сцементированные руды**

- руда гидрогетитовая оолитовая, крепко сцементированная сидеритовым цементом;

- руда гидрогетитовая оолитовая слабо сцементированная хлорито-глинистым цементом;

- руда гидрогетитовая оолитовая с гидрослюдистым цементом;

- руда гидрогетитовая оолитовая с сидерит-хлоритовым цементом.

#### **Оолитовые сыпучие руды**

Руда гидрогетитовая оолитовая сыпучая с гидрогетито-глинистым цементом внешне (в керне) представляет собой черно-коричневый блестящий оолитовый «песок» с примесью матовых оолитоподобных обломков коричневого цвета и налетом охристо-бурого пелитоморфного материала на поверхности обломков.



Рисунок 4.1 Сыпучая гидрогетитовая руда. Скв. 125, гл. отбора 163,7 м

Руды имеют локальное распространение и залегают они в нижней части бакчарского горизонта. В пределах площади выделяются два разобщенных рудных тела Б2 на западе с. Бакчар и Б4 на востоке площади в районе д. Польшанка.

Ниже в табл. 4.1 приведены некоторые параметры рудных тел.

Табл.4.1 Параметры рудных тел Б2 и Б4

Рудное тело	Средняя мощность	Средневзвешенное содержание Fe %	V	P	S
Б2	10,5	34,58	0,15	0,46	0,11
Б4	10,1	35,90	0,12	0,53	0,10

Руды имеют неравномернопористый вид. Оолиты то плотно прилегают друг к другу, и поры между ними остаются свободными, то отмечается их погружение в массу цемента бурого, местами чуть зеленоватого.

Цвет оолитов темно-бурый до черного с преобладанием черного, блеск преимущественно металлический.

Руда на 70-80 % состоит из оолитов и оолитоподобных обломков коричневого цвета (глинисто-гидрогетитовых). В виде примеси в ней присутствуют гравелитовые обломки (2-3 мм) гидрогетитовой руды ранних

генераций, ожелезненные алевропесчаники, гравий кварца той же размерности округлой и угловатой формы, обломки глины.

Рудные гравелитовые обломки окатанной формы представлены рудой оолитовой с гидрогетитовым цементом, с глинистым цементом, а также рудные обломки из сплошной гидрогетитовой массы с небольшой терригенной примесью алеврита и псаммита (5,8 % от общей массы).

Рудные оолиты имеют размеры от 0,25 до 0,8 мм, средний 0,4-0,5 мм. Форма правильно округлая, часто овальная. Оолиты двух типов:

- черные блестящие оолиты однородного или концентрически-зональное. В ядрах, как правило расположены сгустки гидрогетита, редко в ядрах присутствует кварц и глинисто-гидрогетитовая смесь;

- темно-бурые оолиты слабо блестящие, состоящие из глинисто-гидрогетитовой смеси. Глинистый материал слагает как отдельные концентры в концентрически зональных оолитах, так и целиком оолиты в тонком срастании с гидрогетитом.

Цемент корково-поровый смешанного типа гидрогетито-глинистый. Глинистая составляющая цемента представлена смешанно-слоистым гидрослюда-монтмориллонитом. Цемент то покрывает тонким налетом рудные компоненты, то скапливается в виде сгустков буровато-серых или зеленоватых; последние содержат хлорит. В небольших количествах присутствует сидерит, последний имеет кристаллическую структуру, размеры зерен 0,01-0,03 мм.

Примерное соотношение минеральных компонентов: гидрогетит - 55-60 %, сидерита - 1-5 %, кварца - 10-15 %, глинистых минералов – 15-20 %.

### **Оолитовые цементированные руды**

Руда гидрогетитовая оолитовая, крепко цементированная сидеритовым цементом слагает верхнюю часть бакчарского горизонта.

Руда бурого цвета до черного, очень плотная, крепко сцементированная. Массивной текстуры, оолитовой структуры. Примесь терригенного материала преимущественно псаммитовая, гравелитовые обломки присутствуют редко.



Рисунок 4.2 Руда гидрогетитовая оолитовая крепко сцементированная сидеритом. Скв.125, гл. отбора 162,8 м

Руды имеют локальное распространение и залегают они в верхней части бакчарского горизонта. В пределах площади выделяются два разобщенных рудных тела Б1 на западе вблизи с.Бакчар и Б3 на востоке площади в районе д. Полынянка.

Ниже в табл. 4.2 приведены некоторые параметры рудных тел.

Таблица 4.2. Параметры рудных тел Б1 и Б3

Рудное тело	Средняя мощность	Средневзвешенное содержание Fe %	V	P	S
Б1	4,3	38,52	0,14	0,48	0,14
Б3	5,0	35,50	0,12	0,46	0,10

Содержание оолитов в руде - 30-35 %, распределение равномерное. Размер оолитов от 0,16 до 0,6 мм, средний 0,35-0,5 мм, редко величина оолитов составляет 0,8-1,5 мм. Оолиты коричневого цвета, с матовым блеском, в подчиненном количестве встречаются буровато-коричневые блестящие оолиты. Состав оолитов гидрогетитовый, глинисто-

гидрогетитовый. Форма округлая, часто овальная. Строение, в основном, концентрически-зональное, в ядрах присутствуют: зерна кварца (0,1-0,3 мм), сгустки пелитоморфного гидрогетита (0,2-0,3 мм), глинистые образования линзовидной формы. Концентры состоят из тонко чередующихся слоев гидрогетитового и глинисто-гидрогетитового состава. Встречаются оолиты буровато-коричневые, состоящие из сплошного агрегата гидрогетита колломорфной, пелитоморфной структуры.

Оолитоподобные обломки составляют 5-10 %, величиной 0,6-0,8 мм, преимущественно гидрогетитового, реже глинистого состава. Форма обломков овальная, границы ровные. Глинистые обломки пронизаны жилками гидрогетита.

Терригенная примесь представлена угловато-окатанными обломками кварца до 5%, КПШ – менее 1 %, единичными обломками кварцитов, кислых эффузивов.

Гравелитовые обломки имеют размерность 3-5 мм, в составе их преобладают рудные обломки: гидрогетитовые руды оолитовые с гидрогетитовым цементом, гидрогетитовые руды с примесью терригенного алевритового материала. Редкие обломки кварцевого гравелита составляют менее 1 %.

Цемент руды сидеритовый, по типу базальный с мелкими сгустками железистого хлорита. Последний также образует пленки мощностью до 0,06-0,08 мм вокруг оолитов и оолитоподобных обломков. (Рис. 4.1.3.) Сидерит в цементе хорошо раскристаллизован мелкозернистой структуры, размер зерен 0,15-0,25 мм. Зерна с четко очерченными границами изометрично-удлиненной формы.

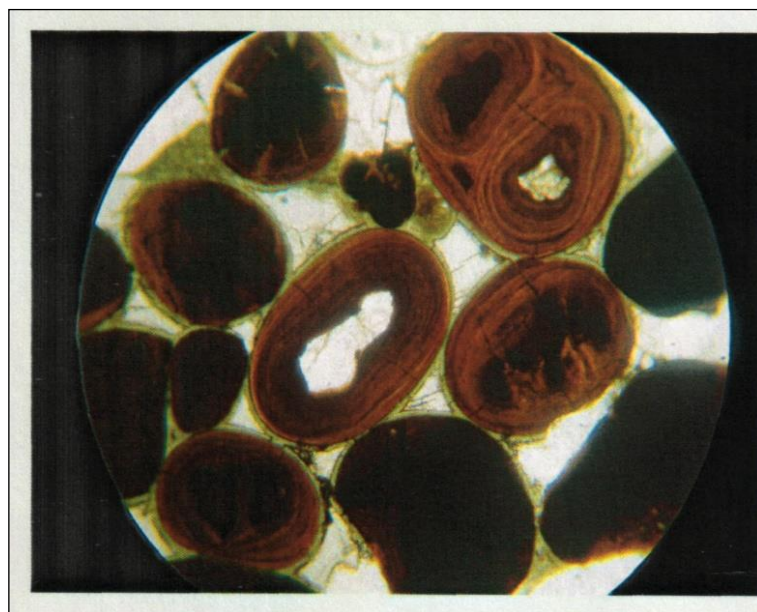


Рисунок 4.3 Концентрически-зональное строение гидрогетитовых оолитов

Примерное соотношение основных минеральных компонентов руд: гидрогетит 30-35 %, сидерит – 30-35 %, глинистые минералы (хлорит, гидромусковит)- 25-30 %, кварц – 5-10 %.

Руда гидрогетитовая оолитовая слабо сцементированная хлорито-глинистым цементом распространена в колпашевском горизонте. Этот тип руд характерен для верхнего рудного тела К1. Данное рудное тело имеет повсеместное распространение на всей площади, за исключением северо-западной окраины лицензионного участка

Параметры рудного тела следующие табл. 4.3.

Таблица 4.3 Параметры рудного тела К1

Рудное тело	Средняя мощность	Средневзвешенное содержание Fe %	V	P	S
К1	7,2	30,39	0,16	0,41	0,12

Руды имеют серовато-зеленый, голубовато-зеленый или буровато-серый цвет цемента, в котором неравномерно распределены черные или

темно-коричневые блестящие оолиты и мелкие рудные или кварцевые обломки. Цвет цемента обусловлен его минералогическим составом: присутствием железистого хлорита, свежего или окисленного, и примесью глинистых минералов, среди которых постоянно присутствует гидрослюда с подчиненным количеством каолина. В цементе отмечаются охристые пятна гидроокислов железа в хлорито-глинистых сгустках, а также по трещинам в рудах. Текстура руд массивная, вкрапленная. Иногда отмечаются горизонтальные прослой мощностью 5-7 мм светлых зеленовато-серых глин с единичными рудными оолитами. Отмечаются также тонкие прослой сыпучих оолитовых руд с корковым инфильтрационным хлоритовым цементом.

Руды слагаются гидрогетитовыми и редкими гидрогетито-хлоритовыми концентрически зональными оолитами, обломками оолитов, бобовинами (оолитами с общими концентрами), обломками руд ранних генераций, кварцевых песчаников, единичными зернами кварца до 1 см в поперечнике.

Отсутствие сидерита обуславливает малую крепость таких руд. Богатые руды довольно мягкие и сравнительно легко разминаются руками.

Руда гидрогетитовая оолитовая с гидрослюдистым цементом характерна для колпашевского рудного тела К2. Имеет сложное площадное распространение, отсутствует он в северо-западной части участка и в районе скважины № 113, образуя «окно» в рудном теле. На востоке оно сливается в сплошной пласт с рудным телом К1.

Параметры рудного тела следующие:

Таблица 4.4. Параметры рудного тела К2

Рудное тело	Средняя мощность	Средневзвешенное содержание Fe %	V	P	S
К2	5,1	33,55	0,17	0,51	0,15



Руда буровато-коричневого цвета, слабо сцементированная. Текстура однородная, структура оолитовая.

Оолиты слабо блестящие и блестящие, цвет от буровато-коричневого до черного. Цемент темно-серого-цвета с коричневым оттенком.



Рисунок 4.4 Руда гидрогетитовая оолитовая с гидрослюдистым цементом.

Скв. 116, гл. отбора 186 м.

Содержание оолитов и оолитоподобных обломков 40-45 %, размер 0,3-0,8 мм. Форма овальная, редко округлая. Оолиты и обломки состоят из сплошного скрытокристаллического агрегата гидрогетита. В оолитах иногда просматривается концентрически-зональное строение со сгустковыми гидрогетитовыми ядрами темно-коричневого цвета и более светлыми внешними концентриками. В единичных случаях в ядрах наблюдаются зерна кварца и глина.

Глинистые обломки буровато-зеленого цвета присутствуют в рудах в незначительном количестве до 5 % размер их 0,2-0,3 мм. Форма овальная, границы нечеткие, часто извилистые. Обломки выделяются на фоне цемента и напоминают сгустки, часто разбитые трещинками, окрашенными гидроокислами железа.

Редкие обломки гравелитов (1-2 %) уплощенной овальной формы, размером 2-3 мм, представлены оолитовыми рудами с гидрогетитовым цементом, ожеженными алевропесчаниками. Отмечается крупный обломок сидеритовой породы.

Цемент руд порово-базальный, по составу гидрослюдистый крипточешуйчатый, буровато-зеленого цвета. Участками для цемента характерна секториальная структура за счет развития радиально расположенных трещин дегидратации.

Глинистые минералы представлены смешанно-слоистыми образованиями типа гидрослюда-монтмориллонит.

Соотношение основных минеральных компонентов: гидрогетит – 45-50 %, сидерит 5-10 %, глинистые минералы -25-30 %, кварц -10-15 %

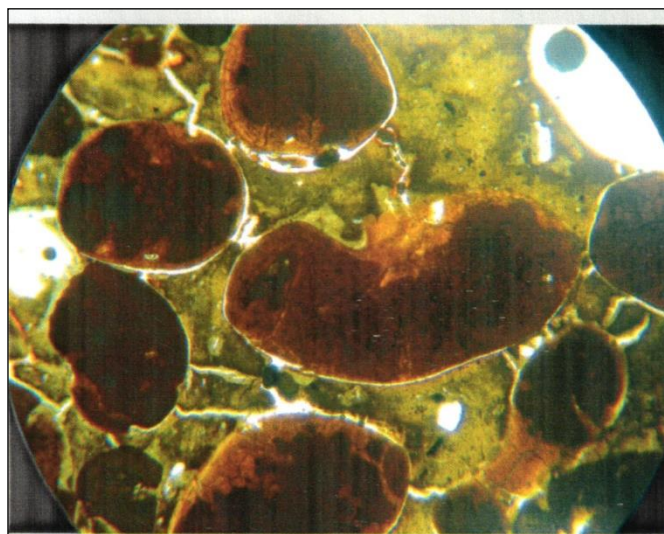


Рисунок 4.5 Оолиты и оолитоподобные обломки гидрогетитового состава в базальном гидрослюдисто-хлоритовом цементе

Руда гидрогетитовая оолитовая с сидерит-хлоритовым цементом является основным типом для нарымского горизонта. Рудные тела имеют сложное локальное распространение. На западе участка выделяется Н1 горизонт, а на востоке сложной формы вытянутое вдоль северной границы лицензионного участка горизонт Н2

Ниже в табл. 4.5 приведены параметры рудных тел.

Таблица 4.5. Параметры рудных тел Н1 и Н2

Рудное тело	Средняя мощность	Средневзвешенное содержание Fe %	V	P	S
Н1	3,9	29,54	0,14	0,39	0,16
Н2	4,4	30,36	0,14	0,49	0,11

Руды имеют темно-бурый до черного цвет, крепко сцементированны. Текстура сгустковая, структура оолитовая. Оолиты слабо блестящие, коричневого цвета, неравномерно распределенные в цементе. Цемент плотный, пелитоморфный, темно-зеленовато-серого цвета до черного с бурым оттенком.

Содержание оолитов в рудах - 40-45 %, их размер составляет 0,16-0,5 мм, средний 0,3-0,4 мм. Форма округлая, овальная, границы ровные. Состав оолитов глинисто-гидрогетитовый концентрически-зонального строения, в центральной части, как правило, сгустки колломорфного гидрогетита размером 0,15-0,25 мм, редко глинистые стяжения, обломки кварца и песчаников.

Единичные глинистые обломки зеленого цвета размером 0,5-0,7 мм, разбиты трещинами усыхания.



Рис. 4.6 Руда гидрогетитовая оолитовая с сидерит-хлоритовым цементом.

Скв. 131, гл. отбора 217,0 м

Терригенная примесь песчаная, составляет не более 3-5%, представлена окатанными зернами кварца размером 0,15-0,35 мм, редко калиевым полевым шпатом.

Редкие гравелитовые обломки величиной 2-3 мм представлены оолитовыми рудами, железистым песчаником, кварцем.

Цемент руд базальный, неравномерно сгустковый, представлен агрегатом микрочешуйчатого железистого хлорита с примесью гидромусковита. В массе цемента неравномерно распределяются микрозернистые выделения сидерита, образуя участками густую вкрапленность, либо плотно сросшиеся агрегаты. Зерна размером 0,01-0,02 мм.

Глинистые минералы в рудах представлены железистым хлоритом, гидро-мусковитом.

Соотношение основных минеральных компонентов: гидрогетит – 40-45 %, сидерит – 5 %, глинистые минералы – 25-30 %, кварц – 15-20 %.



Рис. 4.7 Сидерит-хлоритовый цемент. Зональные кристаллики сидерита в виде густой вкрапленности распределяются в мелкочешуйчатой гидрослюдисто-хлоритовой массе. Проходящий свет. Ув. 60

#### **4.2 Минеральный состав руд**

Минералогические и петрографические исследования по Бакcharскому рудопроявлению в проводилась Западно-Сибирским испытательным центре (г. Новокузнецк) и Сибирском научно-исследовательском институте геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС, г. Новосибирск).

По минералогическому составу, структурным особенностям и внешнему виду руды всех горизонтов имеют много общего. Макроскопически это бурые, темно-бурые, темно- и зеленовато-серые сцементированные и рыхлые породы с небольшим объемным весом. Небольшие значения объемного веса объясняются составом и соотношением рудообразующих минералов.

Гидрогетитовые и гетитовые оолиты являются основными минералами руд Бакcharского рудопроявления. Гидроокислы железа слагают оолиты,

пропитывают обломки хлорита и глинистых пород, замещают зерна кварца, полевого шпата и других минералов.

Гетит слагает меньшую по сравнению с гидрогетитом часть оолитов, причем наиболее распространен он в оолитах с черной глянцевой поверхностью в рудах колпашевского горизонта. Гетит слагает ядра и концентрические зоны оолитов. В некоторых оолитах наблюдается чередование концентров гетита и гидрогетита. Выделения микросгустковой формы отмечается в обломках хлорито-глинистых пород, полностью замещенных гидроокислами железа. (Николаева, 1967)

Гидрогетит встречается во всех типах руд и является преобладающим минералом в рудах с хлорито-глинистым и сидеритовым цементом. Гидрогетитовые оолиты представлены округлыми, овальными, шаровидными образованиями, нередко уплощенными, имеющими преимущественно темно-бурую и черно-бурую окраску, реже встречаются охристо-бурые оолиты. Нередко встречаются обломки оолитов, части отделившихся концентров: скорлупки, корочки гидрогетитового состава, в единичных количествах присутствуют бобовины – оолиты, объединенные общими внешними концентриками.

Размер оолитов от 0,2 до 3,0 мм при преобладании оолитов размером 0,4-0,5 мм, оолиты имеют гладкую поверхность с сильным металлическим блеском. Реже встречаются оолиты с слабым металлическим и матовым блеском.

Внутренняя структура концентрически-зональная или однородная. В качестве ядер в концентрически зональных оолитах присутствуют зерна кварца, глинистые образования, сгустки пелитоморфного гидрогетита, смешанные глинисто-гидрогетитовые агрегаты размером 0,15-0,3 мм. Концентры состоят либо из однородных гидрогетитовых, либо из тонко чередующихся глинисто-гидрогетитовых слоев. (Рис. 4.2.1).



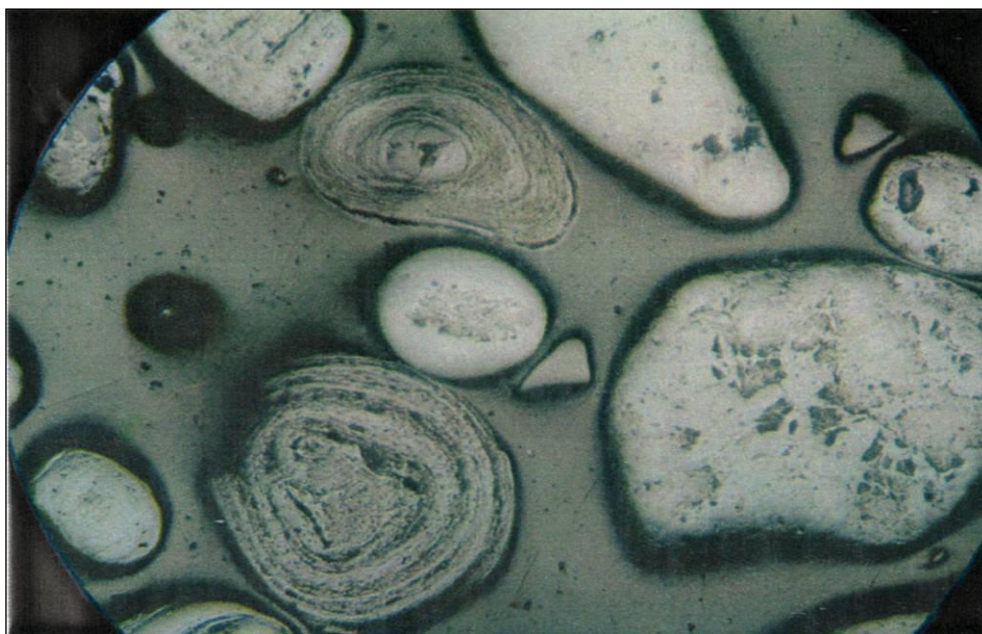


Рисунок 4.8 Концентрически-зональное строение оолитов.

Скв.125, гл. отбора 163,7 м. Полированный брикет. Ув. 60

Глинистые минералы, определенные по результатам рентгеноструктурного анализа, представлены смешаннослойными образованиями типа гидрослюда-монтмориллонит и железистый хлорит. Цвет оолитов зависит от количества глинистого материала, содержащегося в них: существенно гидрогетитовые имеют более густую темно-бурую до черной окраску, примесь глинистых материалов окрашивает их в светло-бурых, зеленовато-бурых цвет. Оолиты с однородной структурой состоят из сплошного агрегата гидрогетита пелитоморфной, колломорфной структуры и имеют темно-бурую и черно-бурую окраску. В проходящем цвете оолиты коричневые, светло-бурые, охристо-бурые, просвечивающие. Отчетливо видно их зональное строение.

Оолиты с однородной структурой темно-окрашенные, практически непросвечивающие в отраженном свете цвет гидрогетита изменяется от серовато-белого до серого. Рельеф низкий. В смеси с глинистыми минералами выглядит грязно-серым; в краевых зонах наблюдаются

радиальные трещинки дегидратации. Твердость оолитов довольно высокая и уменьшается с увеличением содержания глинистых минералов (Рис. 4.2.2).

Хлориты являются одними из наиболее распространенных минералов в железоносных отложениях Бакчарского рудопроявления. В рудах они играют подчиненную роль, уступая гидроокислам железа. Они слагают цемент, иногда в небольшом количестве присутствуют в составе оолитов и обломков пород.

Пелитоморфный хлорит в цементе руд чаще всего он имеет микрочешуйчатое строение, слабо раскристаллизован, иногда изотропен. Хлориты слагают корковый, поровый, сгустковый и базальный цемент руд, а также основную массу пелитоморфных глинисто-хлоритовых пород. Хлорит в оолитах слагает концентры совместно с гидроокислами железа. Очень редко хлорит отмечается в тонких жилках, пересекающих цемент, оолиты и обломки пород в рудах.

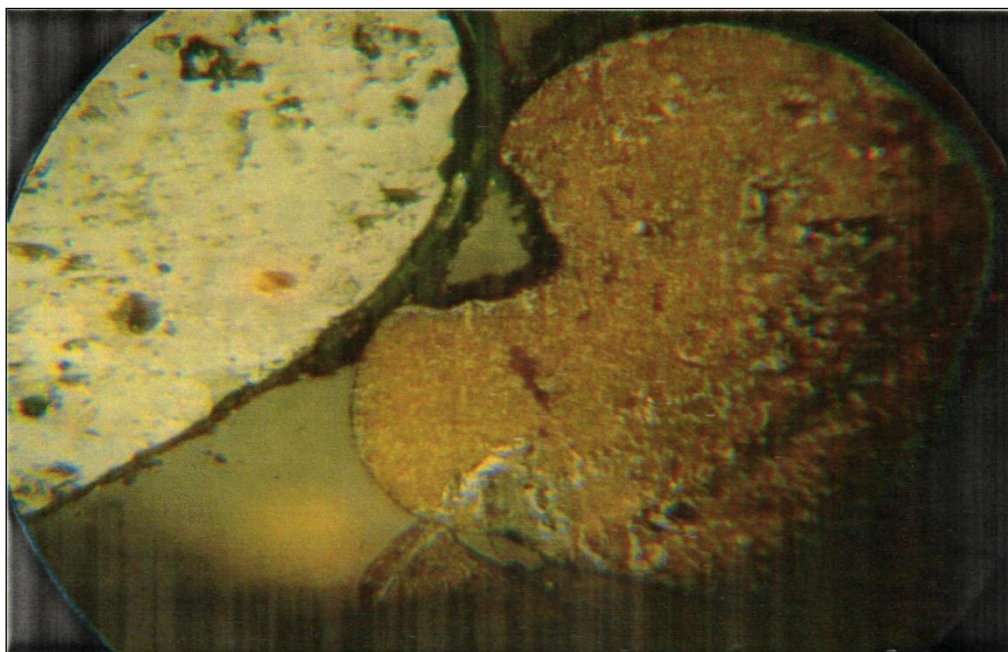


Рисунок 4.9 Оолиты

Скв. 125, гл. отбора 162,8 м. Отраженный свет. Иммерсия. Ув. 100

Сидерит является самым распространенным минералом цемента оолитовых руд бакчарского и нарымского горизонтов (до 30-35 % от объема



руды). Сидерит в цементе хорошо раскристаллизован мелкокристаллической структуры, размер зерен 0,15-0,25 мм. Зерна с четко-очерченными границами изометрично-удлиненной формы. В хлоритовом и глинисто-хлоритовом цементе сидерит микрозернистый образует идиоморфные ромбоэдрические или изометрические зерна размером 0,001-0,05 мм. Количество такого сидерита в рудах достигает 10-12 %. При повышенных содержаниях сидерита отмечается слияние мелких зерен в более крупные ромбоэдрической формы и зональным строением, по периферии с бурой каймой гидроокислов железа. В отдельных образцах сидерит в цементе отмечается в виде сферолитов размером до 0,5 мм.

Сидерит встречается в виде корочек вокруг обломков, а также прожилок, пересекающих цемент, оолиты, обломки терригенных минералов.

Гизингерит встречается в цементе руд, а также замещает песчинки и гальки кварца, обломки хлорито-глинистых пород. В цементе он заполняет поры или образует волокнистые корковые агрегаты по стенкам пор или вокруг оолитов.

Гидрослюда диоктаэдрического гидромусковитового типа, или иллит, образует совместно с монтмориллонитом в порово-контактном или базальном глинисто-хлоритовом цементе колпашевского горизонта и сыпучих рудах бакчарского горизонта смешанно-слоистые образования в виде сгустков микрочешуйчатой структуры. По рентгеноструктурным анализам выделяется плохо раскристаллизованное рентгеноморфное вещество. Обломочный материал в рудах представлен глинисто-гидрогетитовыми обломками, кварцем, полевыми шпатами.

Глинисто-гидрогетитовые обломки имеют овальную, угловатую форму. Часто со сглаженными углами. Реже наблюдается брусковидная и остроугольная форма. Оолитоподобные обломки характеризуются сочетанием окатанных ровных участках поверхности с шероховатыми углублениями, ямками и трещинами, которые нередко придают им причудливый «почковидный», «гребешковидный» облик.

Границы зерен ровные, участками изрезанные, заливообразные. Размер обломков от 0,15 до 2,55 мм; преобладают 0,3-0,4 мм. Поверхность шероховатая, часто рыхлая, преимущественно не блестящая; редко отмечаются обломки с матовым блеском. Преобладающей окраской является светло-бурая, охристо-бурая; рыжая, зеленовато-бурая. Твердость не высокая.

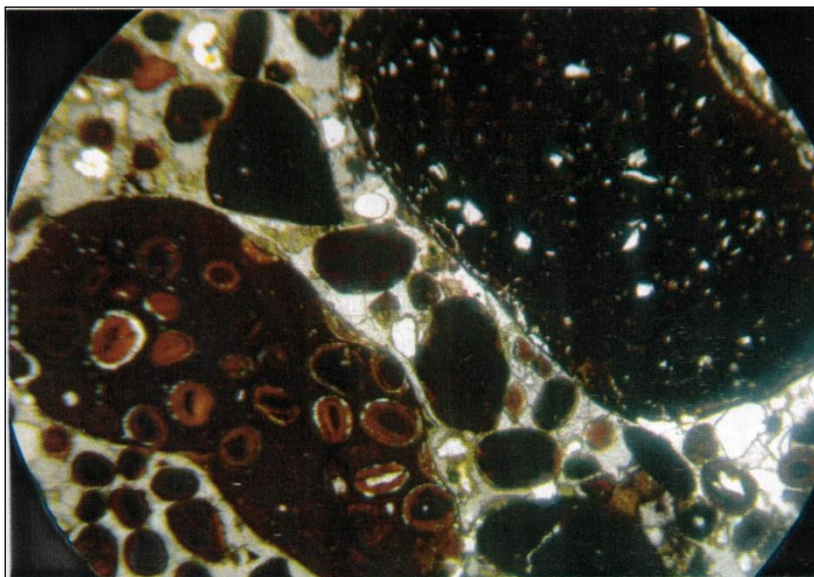


Рисунок 4.10 В составе гравелитовых обломков оолитовая гидрогетитовая руда и железистый алевропесчаник. Проходящий свет. Ув. 25

Обломки состоят из скрытокристаллического агрегата гидрогетита и глинистых минералов мелкочешуйчатой структуры; изредка в краевых частях зерен появляется чередование тонких слоев рудного и нерудного состава, радиальные трещинки дегидратации. В качестве мелкого алеврито-псаммитового терригенного материала в обломках присутствует кварц. Состав глинистых минералов - смешанно-слойные гидрослюда-монтмориллонит и железистый хлорит. (Рис. 4.2.3)

Глинистые обломки образованы криптокристаллическими, микрочешуйчатыми агрегатами, в состав которых входят: смешанно-слойные гидрослюда-монтмориллонит, хлорит железистый, гидромусковит. Можно выделить две разновидности глинистых обломков:

- обломки цементирующей массы неправильной, угловатой формы с раковистой и ячеистой поверхностью. Цвет серый, серо-зеленый, зеленый, буровато-зеленый. Структура тонко-мелкозернистая, неравномерно-зернистая, мелкочешуйчатая. Размер 0,1-0,4 мм, редко до 1,0-4,0 мм. Ячейки овальной, округлой, остроугольной формы заполнены оолитами и оолитоподобными образованиями глинисто-гидрогетитового, гидрогетитового состава, минералами кварцем, полевыми шпатами; редко сидеритом.

- обломки оолитоподобные овальной, округлой, округло-угловатой формы, пелитоморфной, микрочешуйчатой структуры, окатанные или частично окатанные. Цвет обломков насыщенный зеленый с оттенками от светлого до темного, нередко - буровато-зеленый за счет окрашивания их гидроокислами железа. Размер 0,1-0,4 мм; границы ровные, участками извилистые, изрезанные, заливообразные. На поверхности имеются углубления, ямки, выполненные гидромусковитовым светлоокрашенным агрегатом. Часто, особенно в краевых зонах, обломки разбиты сеткой тонких пересекающихся трещин, выполненных пелитоморфным гидрогетитом, который также замещает обломки в краевых частях, образуя рудные каемки.

Кварц имеет размеры 0,1-0,4 мм, редко отмечаются зерна до 7,0 мм. Минерал образует преимущественно угловатые, реже угловато-окатанные зерна молочно-белого, слегка желтоватого, коричневатого за счет тонких примазок и пленок гидроокислов железа цвета; редко встречаются зерна кварца в гидрогетитовой «рубашке» темно-бурого цвета. Чистые зерна прозрачные, имеют стеклянный блеск; редко в единичных зернах присутствуют кварциты желтоватого, красноватого цвета, сложенные гранобластовыми агрегатами кварца.

Полевые шпаты представлены плагиоклазами и калиевыми полевыми шпатами. Содержание их в рудах незначительное. Присутствуют в виде уплощенных зерен белого, серовато-белого, розового, желтого цвета, непрозрачные с гладкой ровной или шероховатой поверхностью.

В единичных количествах в рудах встречаются: магнетит, гематит, ильменит, пирит, вивианит, эпидот-цоизит, роговая обманка, гранаты, ставролит, циркон, рутил, анатаз, лейкоксен, сфен, дистен, андалузит, силлиманит, апатит.

### 4.3. Химический состав руд

Химический состав руд Бакчарского рудопроявления зависит, в основном, от количественного соотношения рудных и нерудных минералов, от состава рудных минералов и цемента. Содержание железа в рудах тем больше, чем меньше в них терригенного материала и глинистого цемента. В прямой зависимости от количества железа находится содержание фосфора и ванадия.

Сцементированных руды *бакчарского горизонта* рудные тела Б1, Б3 имеют наиболее высокое содержание железа: 37,01 % (максимальное – 44,15 %) - в сыпучих рудах тел Б2, Б4 35,24 % (максимальное – 45,45 %). Распределение железа в горизонтальном направлении выдержано на больших площадях. Наиболее богаты железом руды оценочного участка (39,07-43,67 % - сцементированные руды, 32,5-38,73 % - сыпучие). Основное количество железа присутствует в рудах в окисной форме и связано с гетитом и гидрогетитом оолитов и цемента. Незначительная доля железа составляет закись и связана с сидеритом и хлоритом цемента.

Большая часть кремнезема находится в свободном состоянии в виде кварца, меньшая – в виде силикатов (полевые шпаты, лептохлориты, гидромусковит и др.). Содержание кремнезема в богатых рудах составляет 14-17 %, в бедных увеличивается до 25-30 %, в убогих (с содержанием железа менее 20%) – достигает 50 %. В оолитах количество кремнезема колеблется в пределах 12-14 %.

Рассмотрим особенности химического состава сцементированных руд бакчарского горизонта рудных тел Б1, Б3 (на примере рядовых проб химического, силикатного анализов). Для них характерно относительно

высокое содержание двухвалентного железа (4,37-26,90 %) и потерь при прокаливании (9,02-20,90 %). Повышенное их количество отмечается в рудах с сидеритовым цементом. Содержание СаО (0,34-1,41 %) и MgO (0,51-1,49 %) остаются почти постоянными и незначительными, так как в этих рудах присутствуют почти чистые сидериты. Характерными являются низкие содержания глинозема (2,50-9,65 %), более низкие, чем в других рудах, очевидно, потому, что количество глинистого материала и хлорита в них незначительно. Содержание ванадия невысокое и составляет в среднем 0,14 %.

Химический состав сыпучих руд бакчарского горизонта определяется его минералогическими особенностями: высокими концентрациями гидрогетитовых оолитов (до 60,2 % от объема руды) и относительно невысокими количествами псаммитового (18,5 %) и алевритового материала (20,6 %) (таблицы минералогического, химического, силикатного анализа руд).

Соотношение железа и кремнезема здесь также, как в нарымском и колпашевском горизонте находится в обратной корреляционной зависимости (рис. 4.3.1.). В прямой зависимости от содержания железа находятся содержания ванадия и фосфора (рис. 4.3.2). По всей вероятности, оба этих элемента изоморфно входят в состав гидрогетитовых оолитов. Содержание серы по данным химического анализа незначительно и составляет 0,10-0,45 %. Содержание других вредных примесей – мышьяка, свинца, цинка, меди составляет сотые и тысячные доли процента (спектральные анализы рядовых проб).

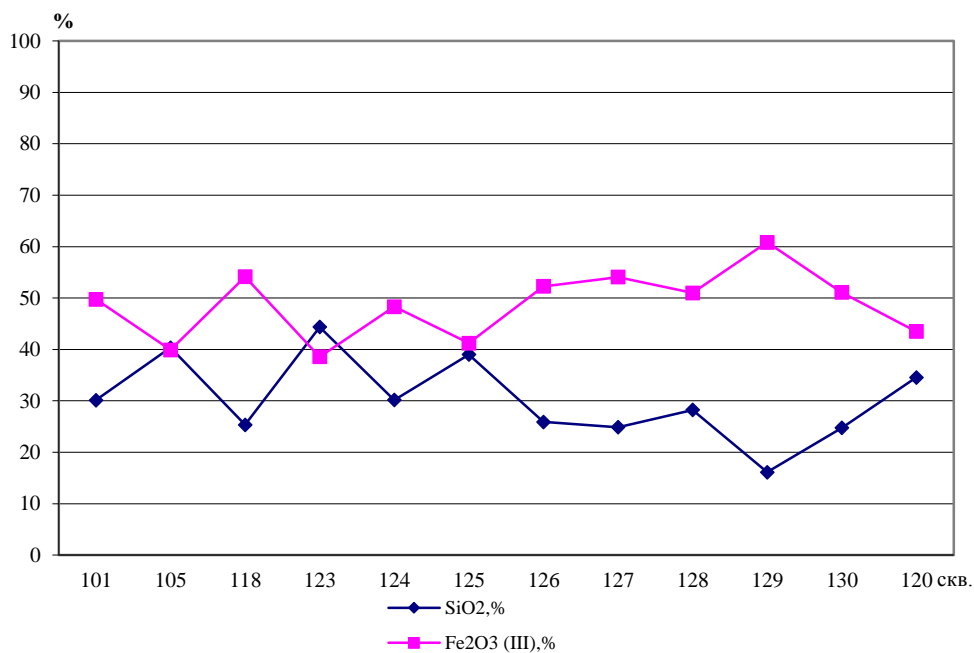


Рисунок 4.11 Корреляционная зависимость содержаний железа и кремнезема в сыпучих рудах бакчарского горизонта.

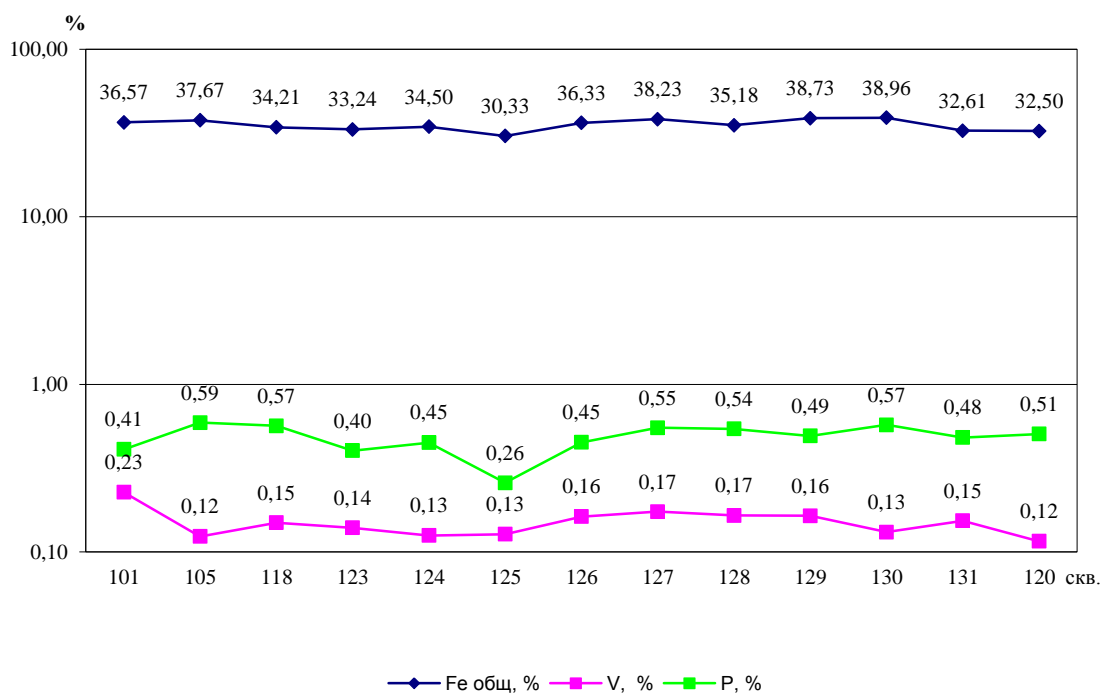


Рисунок 4.12 Зависимость содержаний ванадия и фосфора от содержания железа в сыпучих рудах бакчарского горизонта

По содержанию глинозема и суммы оснований сыпучие руды бакчарского горизонта являются кислыми, коэффициент основности

составляет 0,035-0,065. Содержание флюсующих окислов не превышает 2,5 %, из них на долю СаО приходится 0,4-0,6 %; на долю MgO – 0,95-1,5 %.

Таким образом, данные химического состава керновых проб по интервалам показывают, что содержание железа во всех горизонтах составляет 20-40 %, что значительно меньше, чем необходимо для непосредственной доменной плавки руд, нерудная примесь в руде преимущественно кислая, т.е. состоит почти исключительно из кремнезема. Содержание серы и мышьяка в руде не превышают допустимых. Фосфора содержится больше, чем предусматривают кондиции. Руды практически не содержат медь, цинк, свинец, никель и хром, кобальт, титан. Из полезных примесей присутствует ванадий, содержание которого значительно для железных руд.

Особенности вещественного состава технологических проб, влияющие на обогатимость и определяющие выбор способа их переработки, более подробно изложены в главе 4.5 технологические особенности бакчарских руд.

Содержание железа в рудах *колпашевского горизонта* рудные тела К1, и К2 ниже, чем в бакчарском, но выше чем в нарымском. Химический состав руд из рядовых проб приведен в таблицах (силикатного, химического анализа). Содержание кремнезема изменяется от 18,24 до 55,02 %, в связи с неравномерным содержанием хлорито-глинистого вещества и песчано-алевритовой примеси, увеличение которых ведет к уменьшению содержания железа в рудах от 40,22 до 18,83 %. Высокие содержания железа в горизонте тяготеют к восточной части участка (рис. 4.3.3.).

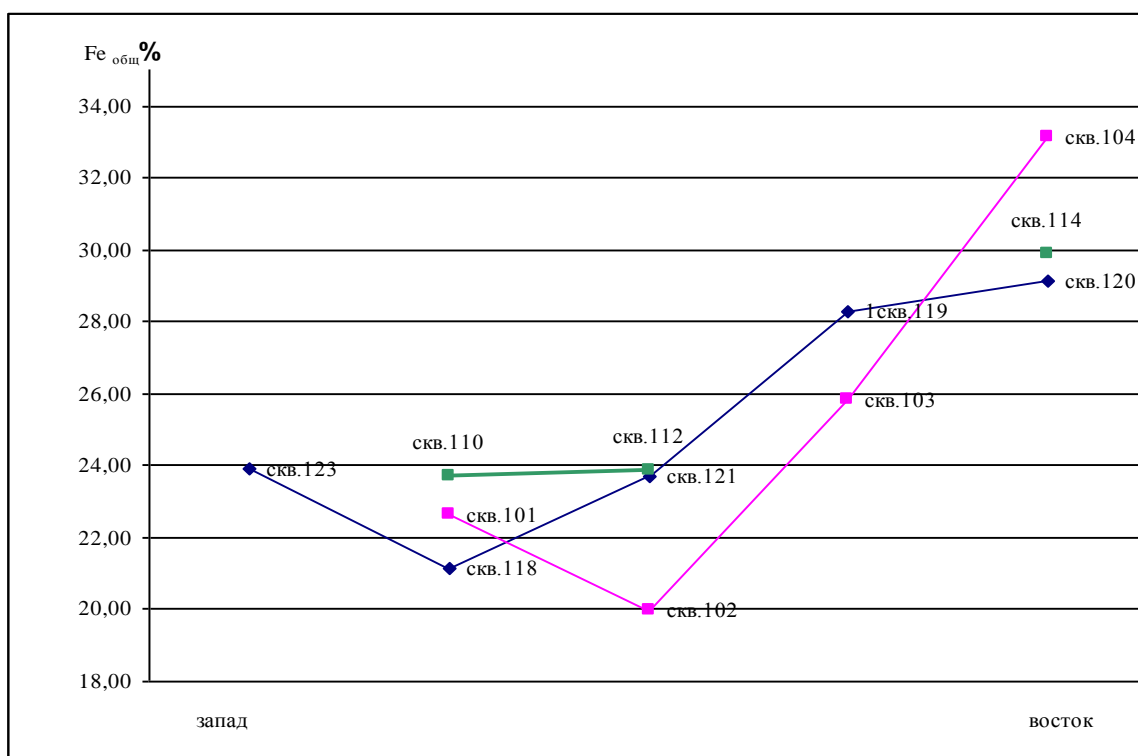


Рисунок 4.13 Изменения содержания железа в рудах колпашевского горизонта с запада на восток участка

Основная часть окислов щелочных и щелочноземельных металлов связана с присутствием гидрослюд. Содержание фосфора колеблется от 0,20 до 1,53 % при среднем содержании 0,32 %; серы – от 0,10 до 0,62 % (среднее – 0,17 %). Ванадий присутствует в единичных пробах до 2,09 % при среднем содержании 0,15 %.

Химический состав руд (рудные тела Н1 и Н2) *нарымского горизонта* из групповых и частных керновых проб представлен в силикатном, химическом анализе рядовых проб.

Как следует из приведенных данных, содержание железа в рудах *нарымского горизонта* в среднем составляет 24,89 % и варьирует от 21,3 до 40,6 %. Среднее содержание окисного железа составляет 32,88 %, закисного – 8,57 %. Отмечается уменьшение содержания железа в рудах горизонта с запада на восток. Содержание  $Fe_2O_3$  в рудах *нарымского горизонта* находится в обратной корреляционной зависимости от содержания  $SiO_2$ , находящегося



в рудах в большей части в свободном состоянии в виде терригенного кварца (рис. 4.3.4).

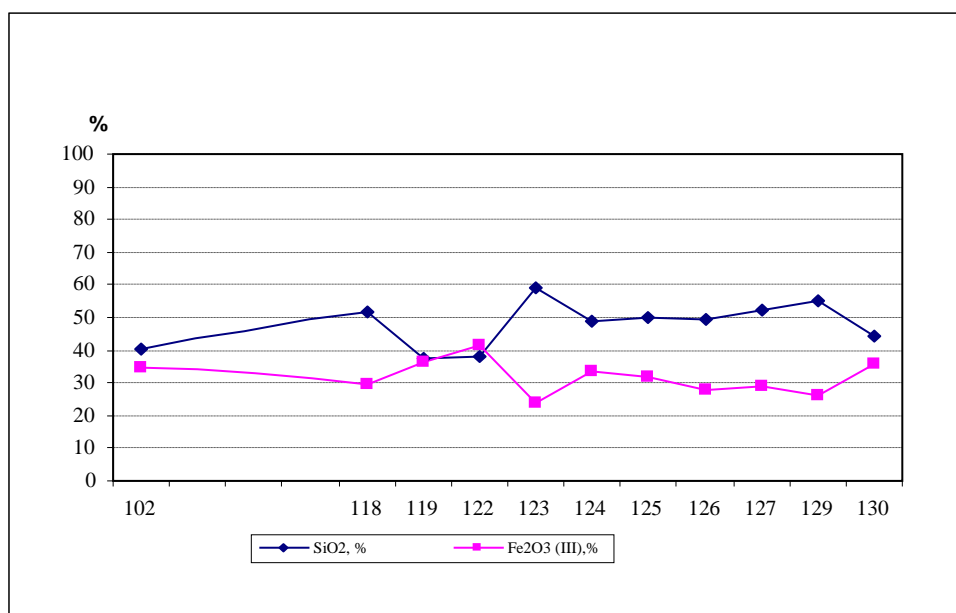


Рисунок. 4.14 Корреляционная зависимость содержаний железа и кремнезема в рудах нарымского горизонта

В прямой зависимости от железа находится фосфор и ванадий: чем больше железа, тем больше содержание фосфора и ванадия (рис. 4.3.5.). Содержание ванадия колеблется от 0,1 до 0,24 %, фосфора – от 0,30 до 1,28 %. Содержание серы не превышают допустимых пределов и составляет 0,17 %.[4]

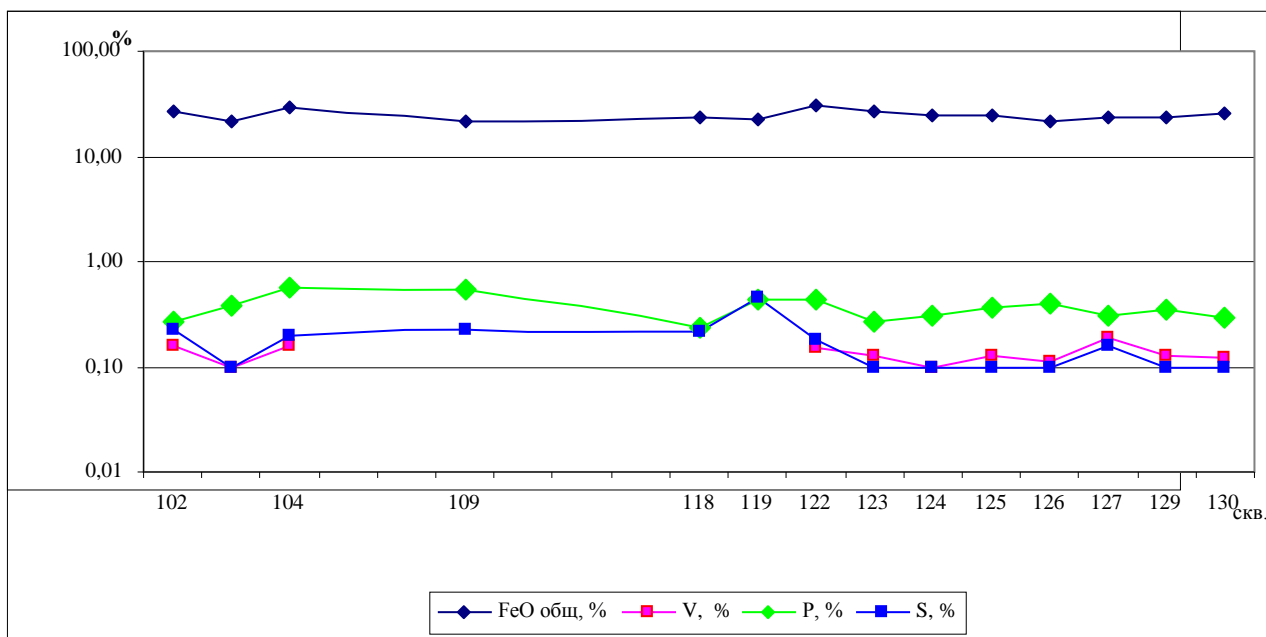


Рисунок. 4.14 Зависимость содержаний ванадия, фосфора и серы от содержания железа в рудах нарымского горизонта

#### 4.4. Особенности распределения элементов-примесей в рудной толще.

Исследователи разных лет обращали внимание на то, что гидрогенный характер образования оолитовых железных руд западной Сибири может сопровождаться накоплением в них редких элементов, благородных металлов, а также урана и тория. Так, Г.М. Шором и соавторами были отмечены повышенные содержания в железных рудах бассейна Pd (до 71 мг/т), Ir (до 27 мг/т), Ag (до 2,5 г/т), источником сноса металлов, по их мнению, являлся Алдано-Североземельский платиноносный пояс[5].

О комплексном характере оруденения также говорится в работах А.Я. Пшеничкина и В.А. Домаренко[6]. В своих исследованиях, помимо благородных металлов, они отмечают повышенные концентрации редких и рассеянных элементов (V, Mo, Sc, Ge, Be, Th, U и др.), повышенную радиоактивность в некоторых скважинах (до 60 мкР/ч). Повышенные концентрации некоторых редких элементов также были отмечены Асочаковой Е.М., Карпиной К.В.[2]

Разными авторами (Рудминым М.А, Перегудиной Е.В.) [7,8] были изучены минеральные формы нахождения редкоземельных элементов. Авторы сходятся во мнении, что эти элементы концентрируются в редкоземельных фосфатах (монацит, куларит). Долго продолжающаяся дискуссия о промышленной значимости этих элементов продолжается и сегодня.

Проектом поисково-оценочных работ проведенных в последнее десятилетие была предусмотрена комплексная оценка рудной толщи Западного участка. Помимо рядовых керновых проб в скважинах были отобраны геохимические пробы (340 проб), которые были проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на 65 элементов. Эти аналитические данные помогут продвинуться в понимании вопроса промышленной значимости элементов примесей и объекта в целом.

Руды бакчарского горизонта характеризуются накоплением в них редких элементов. Выше отмечалось, что в больших количествах присутствуют ванадий кобальт, молибден. Концентрации этих элементов высокие, однако определенно не промышленные. Таким образом эти элементы могут служить природно-легирующими компонентами руд. Также отмечаются сверхкларковые значения некоторых лантаноидов, итрия, скандия, вольфрама, сурьмы и тория. Средние содержания этих элементов в пробах представлены на рисунке 4.15 и 4.16.

Концентрации редких земель также далеки от промышленных, но возможно эти элементы также будут оказывать легирующие свойства на изготавливаемую из бакчарских руд сталь. Однако многими исследователями отмечается, что лантаноиды концентрируются в редкоземельных фосфатах, которые равномерно распределены в структурах железистых оолитов (рис.4.17) и будут отделяться от железного расплава при переделе и уходить в шлак.

Благородные металлы, такие как золото, серебро и платина не присутствуют в рудах.

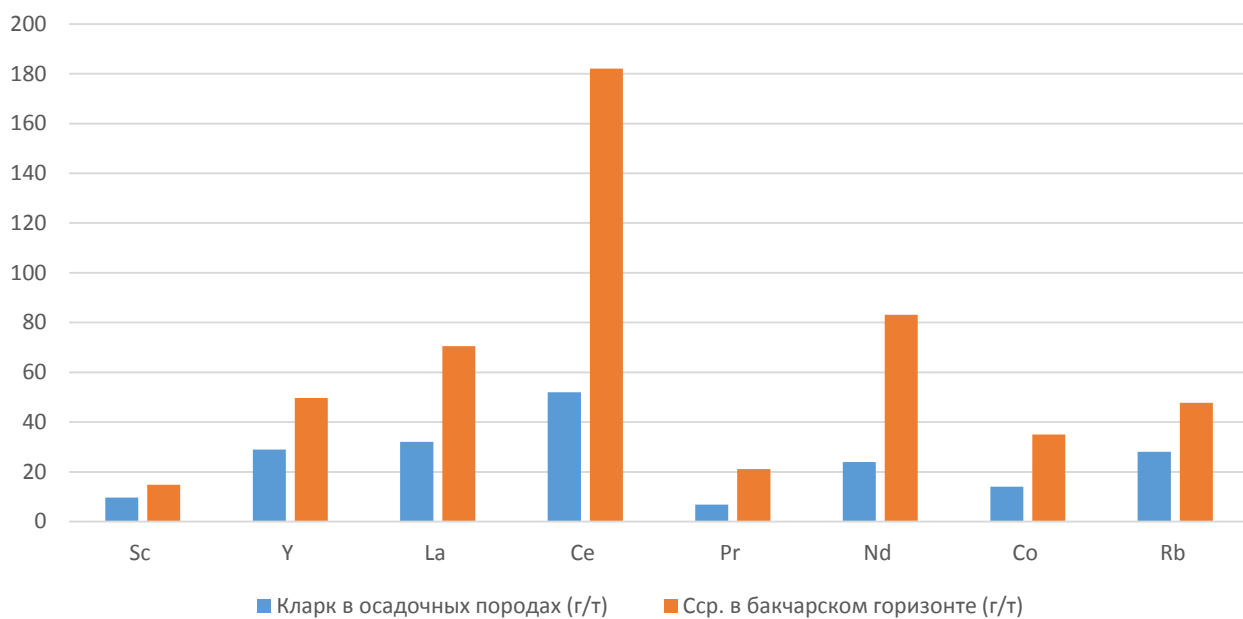


Рисунок 4.15. Среднее содержание лантаноидов, а также Sc, Y и Co в пробах Бакчарского железоносного горизонта.

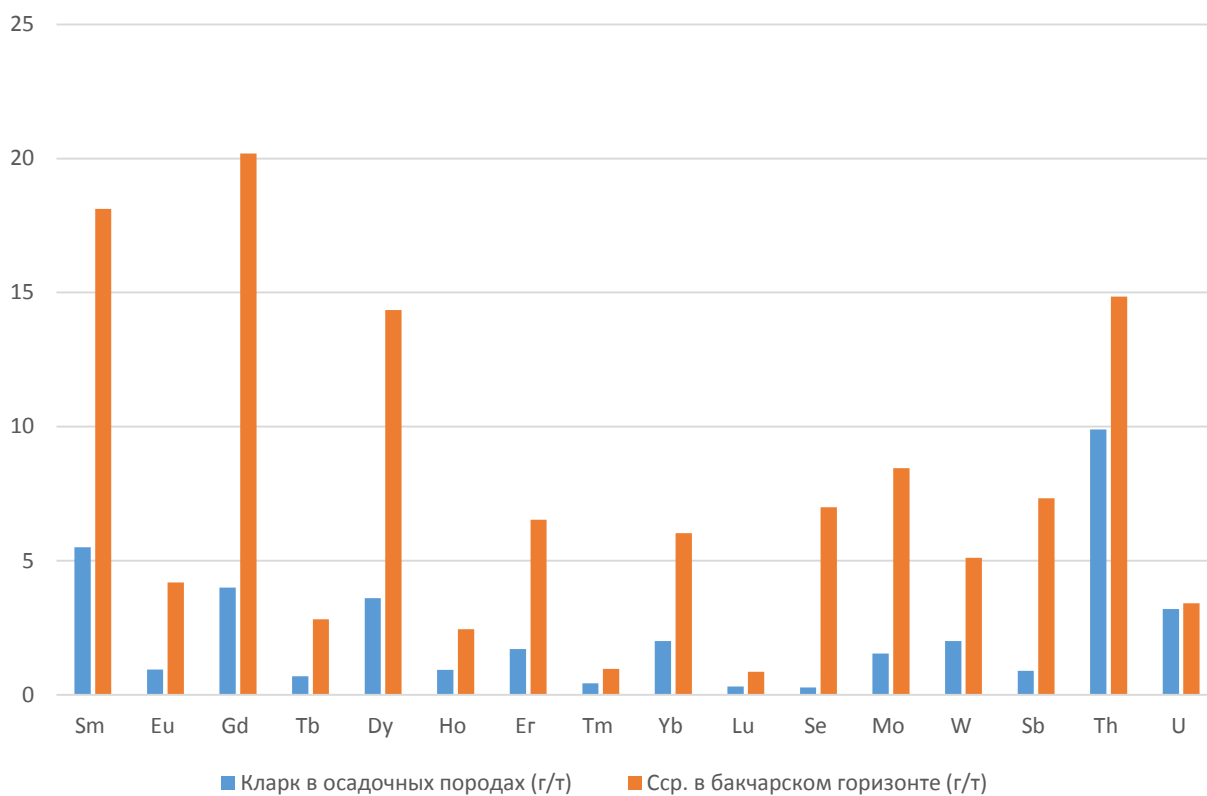


Рисунок 4.16. Среднее содержание лантаноидов, радиоактивных элементов, а также W, Mo, Se, Sb.

Фосфор, сера и мышьяк являются вредными компонентами в железных рудах, они снижают прочностные свойства выплавляемой стали.

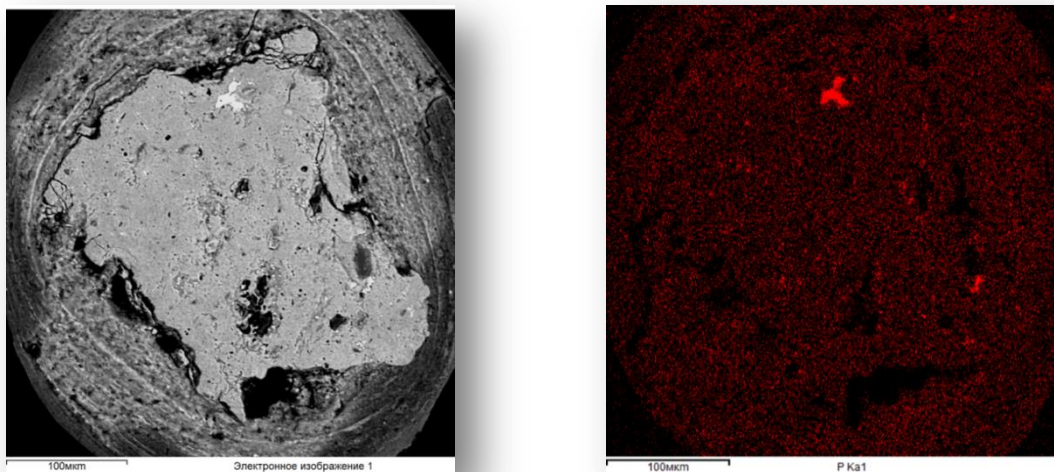


Рисунок 4.17. Распределение фосфатов в структурах оолита, красным показаны области повышенных концентраций P []

Такое распределение минералов фосфора в оолитах объясняет сверхкондиционные концентрации элемента в рудной толще.

На рисунке 4.18, представлена модель распределения фосфора в толще бакчарского железозного горизонта, выраженная в суммарном метропроценте. Максимально допустимый метропроцент принимается за 3, как произведение максимально допустимого содержания P (0,3) на среднюю мощность рудного тела

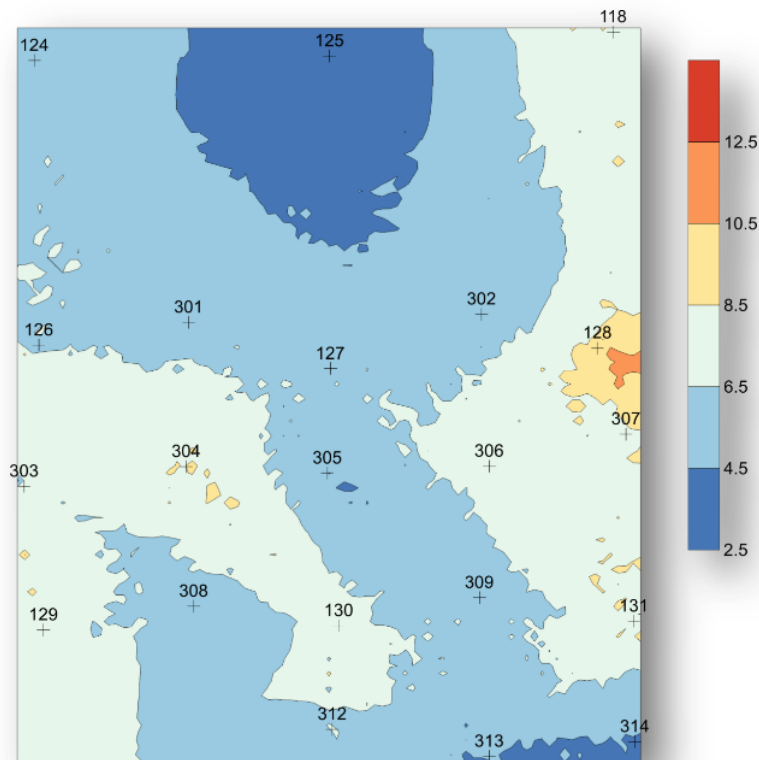


Рисунок 4.18. Распределение фосфора в толще бакчарского горизонта, выраженное в метропроценте

(10м). Можно сделать вывод что практически вся толща обогащена фосфором на уровне выше кондиционного. Всего в пределах бакчарского горизонта количество фосфора можно оценить 550 тыс.т.

Содержания серы и фосфора не превышают кондиционного уровня в пределах всей толщи, слагающей участок.

## **5. Опыт применения современных геофизических методов при подсчете запасов железных руд участка Западный Бакчарского рудного узла.**

Проектом геологоразведочных работ на Западном участке было предусмотрено проведение комплекса геофизических исследований пород как в стволе скважины, так и исследований керна на поверхности. Среди основных геофизических методов, примененных на объекте, можно выделить методы плотностного гамма-гамма-каротажа (ГГК-П) и рентгено-флуоресцентной спектрометрии керна (РФА), так как представляется возможным дополнить недостаток аналитических данных для подсчета запасов результатами геофизических работ. Необходимость использования таких данных обуславливается некоторыми технологическими нарушениями при проведении рядового кернового и инженерно-геологического опробования. Эти нарушения заключаются в прерывистом характере опробования - опробовались зоны с исключительно высоким содержанием оолитов гидроокислов железа, что противоречит методическим рекомендациям, в которых указывается необходимость опробования от устья до забоя на стадии оценки проявления. Инженерно-геологическое опробование также характеризуется не соблюдением принципа полного и систематического изучения.

Основной целью данной квалификационной работы является изучение влияния данных указанных выше методов на достоверность представлений о количестве полезного ископаемого в недрах и инженерно-геологических условиях изучаемого объекта. Ниже описана разработанная методика интерпретации геофизических данных и рассуждения о возможности применения данных этих методов.

## 5.1. Применение данных плотностного гамма-гамма каротажа при подсчете запасов.

Плотностной гамма-гамма каротаж применяется для измерения объемной плотности и пористости пород. Принцип метода заключается в облучении горных пород потоком гамма-квантов от источника гамма-излучения цезий-137, регистрации рассеянных гамма-квантов двумя детекторами, расположенными на фиксированных расстояниях от источника и снабженных специальными коллиматорами, преобразовании их в потоки электрических импульсов, средние частоты следования которых связаны со значением эквивалентной плотности горных пород  $\rho_{\text{экв}}$  (г/см<sup>3</sup>). Метод в основном применяется в нефтегазовой отрасли для изучения пористости пород разреза, а также для выделения контрастно выделяющих руд железа, хрома, марганца и алюминия среди вмещающих пород. Опыт применения этого метода на осадочных месторождениях железа оолит-гидрогетитового типа не описан.

Исходным положением при обосновании измеряемого параметра является тот факт, что показания плотностного гамма-гамма каротажа в любой произвольной среде 1 будут такими же, как и в среде 2, если равны их электронные плотности  $\rho_e(1)=\rho_e(2)$ . В нефтегазовой геологии в качестве основной среды (породы), для которой строятся интерпретационные зависимости и алгоритмы обработки показаний ГГКП, используется водонасыщенный известняк ( $\text{CaCO}_3$  – кальцит). В этом случае измеряемое значение плотности совпадает с истинной объемной плотностью исследуемой среды. Для всех других литотипов пород и при ином характере их насыщения измеряемое значение плотности (назовем ее «эквивалентной» плотностью  $\rho_{\text{экв}}$ ) будет отличаться от истинного []. Корреляция эквивалентной плотности исследуемой среды с известняком связана, в основном, с бескерновым характером бурения нефтяных скважин. Применение этого метода на месторождениях твердых полезных ископаемых



обуславливается экономией на инженерно-геологическом опробовании (необходимо отобрать лишь несколько эталонных проб) и возможностью получить информацию о природной плотности в интервалах, где отобрать инженерно-геологическую пробу не представляется возможным.

Плотностной гамма-гамма каротаж на Западном участке Бакчарского железорудного узла проводился с целью измерения в скважинах плотности горных пород и руд для дальнейшего использования этих данных при подсчете запасов и технологических расчетах в проекте отработки. Измерения проводились аппаратурой ПРКЛ-73А с шагом квантования 0,02м. Для интерпретации данных, интервалы инженерно-геологического опробования сопоставлялись с измерениями плотностного гамма-гамма каротажа в исследуемом интервале (всего 52 сопоставления), диаграмма корреляции представлена на рис.6.1.

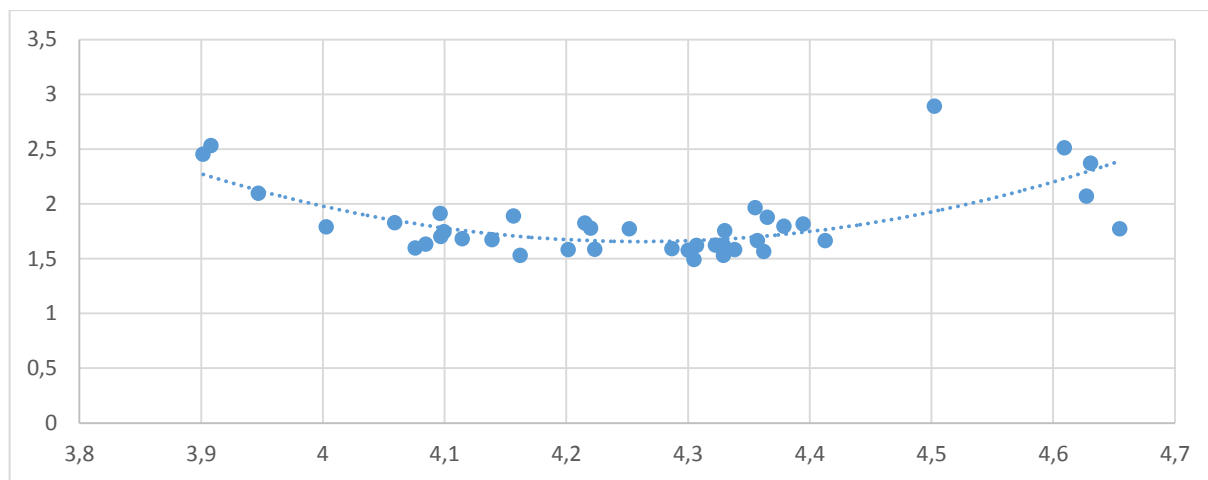
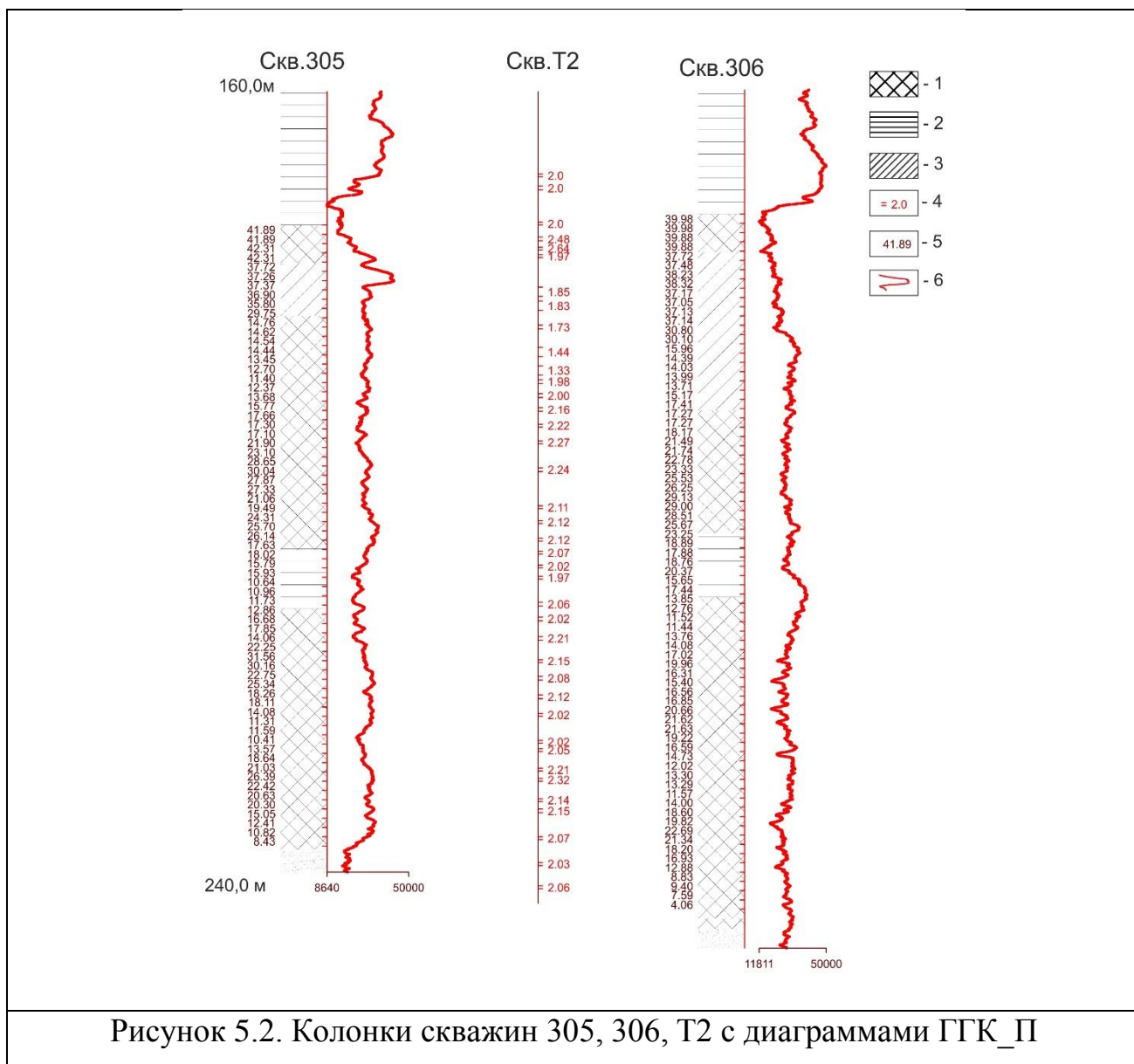


Рисунок 5.1. Диаграмма корреляции логарифмированных данных ГГК-П и природной плотности грунтов.

Изучив диаграмму можно прийти к выводу, что какая-либо видимая корреляция отсутствует. Причиной отсутствия корреляции могут послужить неисправности геофизического прибора, методические ошибки при отборе инженерно-геологических проб либо недостаток данных для корреляции.

Следует отметить, что по всей толще слагающей Западный участок распространены небольшие по мощности прослои лигнитов, характеризующихся низкой плотностью. Все задокументированные прослои лигнитов четко отбиваются пиками частоты импульсов по данным ГТК-П, что говорит в пользу исправности геофизического прибора.

Анализируя имеющийся материал, автор пришел к выводу, что для достоверной интерпретации данных существенно не хватает информации о физических свойствах изучаемых отложений. На рисунке 6.2 представлено сопоставление литологического разреза рудной толщи, диаграммы плотностного гамма-гамма каротажа скважин 305, 306 и данных инженерно-геологического опробования скважины Т2.



Условные обозначения: 1 – песчаники и алевролиты с разным содержанием оолитов гидроокислов железа; 2 – глины; 3 – нецементированные оолитсодержащие пески; 4 – интервалы инженерно-геологического опробования с значениями природной плотности ( $t/m^3$ ); 5 – интервалы kernового опробования с значениями  $Fe_{общ}$ ; 6 – диаграмма ГГК-II (имп/мин).

На разрезе видно, что измерение прибором кровли железорудной толщи сопровождается заметным снижением частоты выходного импульса, этот факт говорит о высокой природной плотности этого интервала, что вполне логично учитывая, что он представляет собой верхний бакчарский железорудный горизонт, состоящий из оолитов гидроокислов железа цементированных сидеритом. Далее по скважине следует переход в нецементированные оолитовые пески нижнего бакчарского горизонта, что отмечается повышением частоты импульса. Этот контрастный в петрофизическом смысле интервал в некоторой степени согласуется с данными физико-механических испытаний. В остальном рудная толща не характеризуется разнообразием природной плотности, что делает интерпретацию невозможной, при таком небольшом наборе данных.

Для физико-механических испытаний грунтов использовались монолиты, отобранные из 9 разведочных скважин и одной технологической, испытания которых проводились в разных лабораториях. На рисунке 6.3 представлены данные этих испытаний. Пробы, отобранные приблизительно из одинаковых интервалов в разных скважинах, характеризующихся одинаковым литологическим составом и содержанием  $Fe_{общ}$ , обладают большой дисперсией. Данные природной плотности в инженерно-геологических пробах в разведочных скважинах (301, 305, 309, 314) не образуют закономерного отношения с геологической документацией керна скважин, и что самое главное, с содержанием железа в изучаемых интервалах. Некоторую закономерность образуют лишь данные инженерно-геологического опробования по технологической скважине. В этих данных пробы, отобранные из горизонта цементированных сидеритом железных

руд, плотнее проб из несцементированного горизонта с аналогичным содержанием железа, и плотнее проб из сцементированных горизонтов, но с низким содержанием железа. Такие значения представляются наиболее логичными, поэтому для подсчета запасов будет использоваться выборка проб по этой технологической скважине, за не имением более качественных данных.

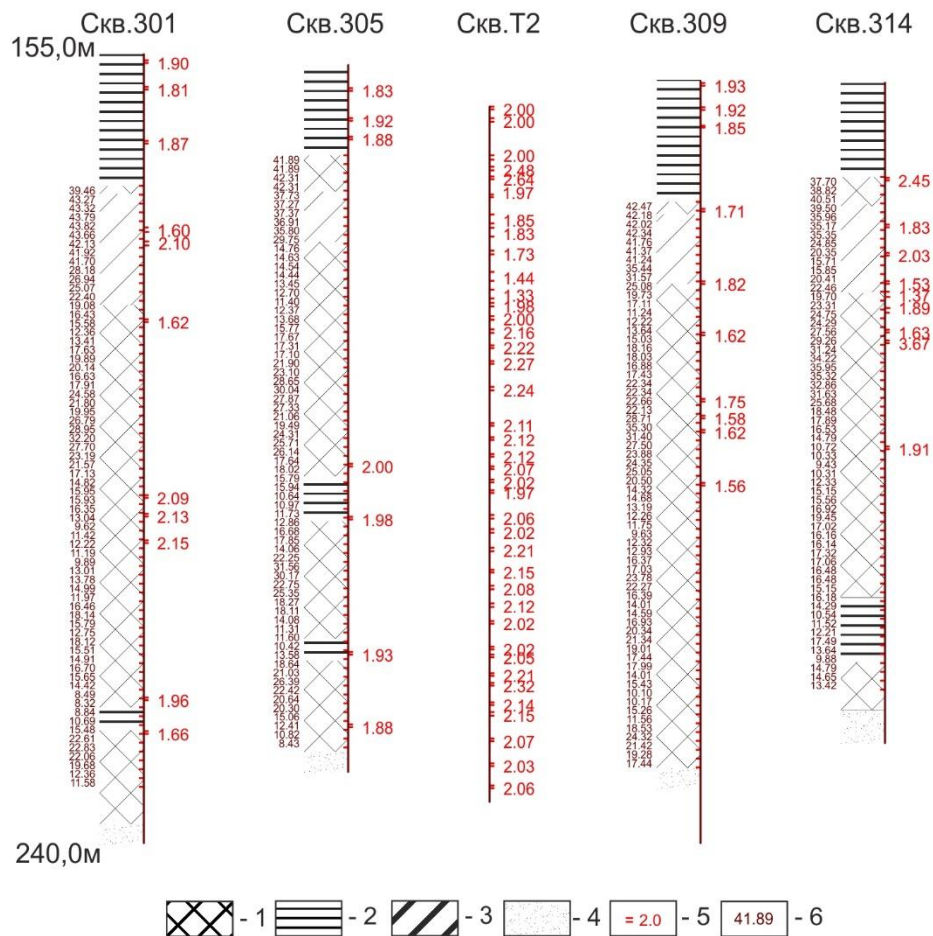


Рисунок 6.3. Колонки скважин 301, 305, Т2, 309, 314 с вынесенными результатами физико-механических испытаний грунтов.

Условные обозначения: 1 – песчаники и алевролиты с разным содержанием оолитов гидроокислов железа; 2 – глины; 3 – пески оолитсодержащие; 4 – пески; 5 – интервалы инженерно-геологического опробования, значения природной плотности ( $t/m^3$ ); 6 – интервалы кернового опробования с содержаниями  $Fe_{общ}$ ;

Таким образом, можно сделать вывод, что применение метода плотностного гамма-гамма каротажа, на объектах с неконтрастной плотностной изменчивостью возможно только при тщательном изучении петрофизических свойств эталонных пород. Необходимо проводить полное инженерно-геологическое опробование эталонных скважин, проводить геофизическое исследование этих скважин соблюдая все нормы внутреннего контроля. Применение этого метода может существенно сэкономить средства при изучении физических свойств пород на объектах больших по площади.

## **5.2. Применение данных портативного рентгено-флуоресцентного спектрометра при подсчете запасов.**

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) – один из современных спектроскопических методов исследования вещества с целью получения его элементного состава. С его помощью могут анализироваться различные элементы от бериллия до урана. Метод РФА основан на сборе и последующем анализе спектра, полученного путём воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением. По пикам полученного спектра можно качественно определить, какие элементы присутствуют в образце. Для получения точного количества элемента полученный спектр обрабатывается с помощью специальной программы калибровки (количественной градуировки прибора) [9].

Отличительной особенностью этого метода является возможность уместить рентгеновскую трубку и анализатор в объеме небольшого прибора, помещающегося в руке. Портативный размер оборудования и оперативность анализа позволяют применять этот метод в геологии на стадии поисков месторождений, когда необходимо в реальном времени получать информацию о количественном химическом составе образцов. Считается, что данный метод характеризуется достаточно высокой погрешностью

измерений и в отечественной геологоразведочной практике не принято применять его данные для оконтуривания рудных тел и подсчета запасов в

Как уже отмечалось ранее геологоразведочные работы на Западном участке Бакчарского железорудного узла сопровождались методическими ошибками при керновом опробовании. Геологическое строение изучаемого объекта характеризуется наличием постепенных переходов от руд к пустой породе, что делает необходимым выделение рудных интервалов исключительно по рассчитанным кондиционным параметрам. Таким образом, неопробованные интервалы делают невозможным оконтуривание рудных тел и подсчет запасов. Данные РФА-спектрометрии могут восполнить неопробованные интервалы.

При проведении комплекса геофизических исследований керн 11 скважин был просканирован портативным РФА спектрометром NITON (рис.6.4) с интервалом 0,2 м на полную длину.



Рисунок. 5.4. Портативный РФА-спектрометр NITON

Несмотря на то, что РФА спектрометрия представляет собой количественный метод анализа, первичные данные необходимо интерпретировать путем построения диаграммы корреляции с данными химического анализа керновых проб, проведенного методом атомно-эмиссионного анализа в индуктивно-связанной плазме (ИСП-АЭС) для получения уравнения регрессии.

Между выборками из двух видов анализа (194 значения), устанавливается достаточной высокая (более 0,8) корреляционная зависимость (рис.6.5). Таким образом, содержания  $Fe_{общ}$  по данным РФА пересчитывались с использованием полученного уравнения.

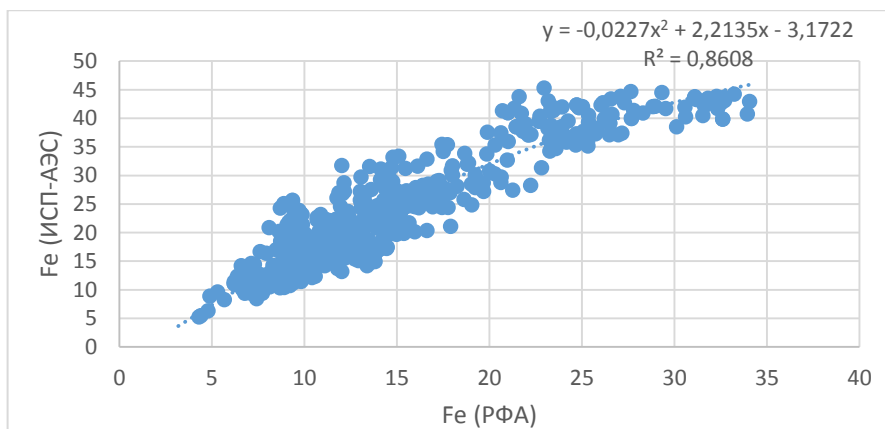


Рисунок 6.5. Диаграмма корреляции данных РФА и ИСП-АЭС.

Методическими рекомендациями ГКЗ регламентируется уровень погрешностей геофизического и геологического опробований. При содержаниях Fe более 10% относительная среднеквадратическая погрешность между методами не должна превышать 5%. Однако если рассматривать РФА-спектрометрию как экспрессный количественный метод химического анализа, основанного на физических свойствах элементов, то следует применять требования к этому методу, как к виду химического анализа. В таком случае рядовое керновое опробование выступает в роли контрольных проб. Расчеты среднеквадратических погрешностей приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6. Среднеквадратические погрешности по классам содержаний

Класс содержаний, %	Среднее содержание в классе, %	Абсолютная погрешность, %	Относительная погрешность, %	Предельно допустимая относительная погрешность, %	Число проб в классе
30-45	38,60	2,60	6,8	2,00	128
20-30	23,90	2,01	8,43	2,50	179
10-20	15,80	1,69	10,84	3,00	264
< 10	8,30	2,57	32,08	-	21

Как видно из таблицы, погрешности по всем классам содержаний не удовлетворяют методическим рекомендациям ГКЗ. Однако, необходимо учитывать, что стандартные статистические операции не всегда верно могут отражать реальную картину. Некоторое различие среднего содержания Fe в подсчетных блоках вероятно незначительно скажется на количестве запасов. Гораздо важнее, что бы рудные интервалы сохраняли свою мощность при каждом варианте аналитики. На рисунке 6.7 представлены колонки скважин с содержаниями железа в интервалах кернового опробования, и значения показаний РФА в этих же интервалах. Рудные тела Б1 и Б2 оконтурены по бортовому содержанию Fe=24%, мощность рудных тел, в зависимости от типа аналитических данных остается неизменной, однако изменяется средние содержания в рудных интервалах (до 5%).



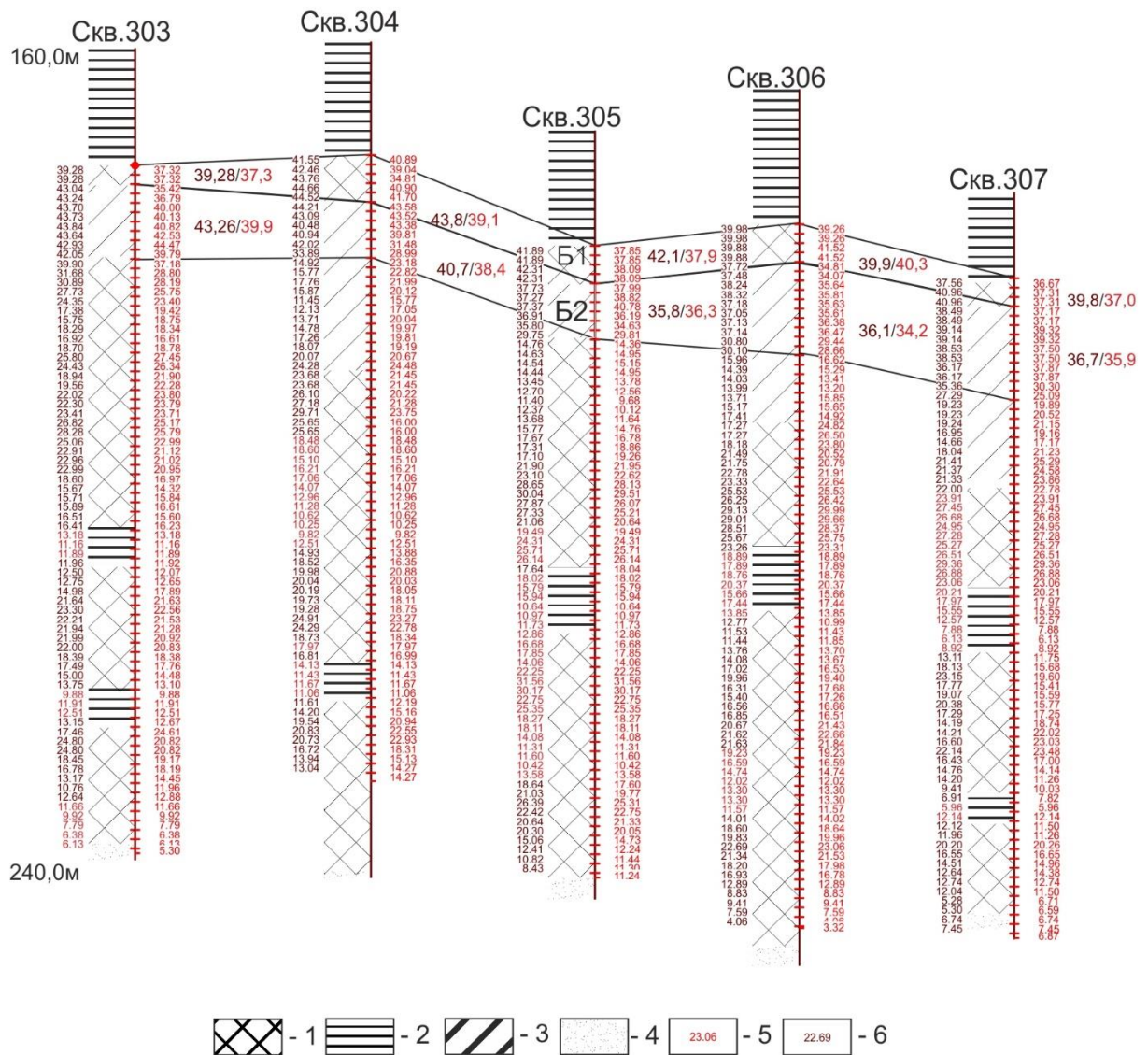


Рисунок 6.7. Колонки скважин 303-307 с данными анализов по ИСП-АЭС и РФА-спектрометрии.

Условные обозначения: 1 – песчаники и алевролиты с разным содержанием оолитов гидроокислов железа; 2 – глины; 3 – пески оолитсодержащие; 4 – пески; 5 – содержание  $Fe_{общ}$  по данным РФА-спектрометрии; 6 – содержание  $Fe_{общ}$  по данным ИСП-АЭС.

Для выяснения влияния данных РФА-спектрометрии на количество запасов было решено экспериментально подсчитать запасы железных руд с использованием двух вариантов аналитических данных, применяя все необходимые методические рекомендации. В первом варианте будут

использованы данные ИСП-АЭС и в интервалах с отсутствующими керновыми пробами данные РФА. Во втором варианте будет произведен подсчет только по данным РФА-спектрометрии. Описание методики выделения рудных интервалов, оконтуривания рудных тел и результаты подсчета запасов приводится в главе 7.

На данном этапе можно сделать ряд выводов. Данные РФА-спектрометрии и кернавого опробования образуют высокую корреляционную зависимость, достаточную для интерпретации. Стоит отметить, что возможная дисперсия данных зависит от несовершенства методики сканирования керна. Необходимо учитывать литологические границы, возможные помехи (гвозди в кернавом ящике), также необходимо проводить внутренний контроль измерений и метрологическую настройку спектрометра. С другой стороны необходимо соблюдать правильную методику кернавого опробования.

## **6. Технико-экономическое обоснование кондиций**

### **6.1 Условия оконтуривания рудных тел**

Рудная толща западного оценочного участка подразделяется на 4 железноносных горизонта: бакчарский верхний (Б1), бакчарский нижний (Б2), колпашевский верхний (К1), колпашевский нижний (К2), нарымский (Н) которые характеризуются не четкими литологическими границами (за исключением горизонтов Б1, Б2) и постепенными переходами с увеличением содержания Fe. Таким образом, все 4 горизонта можно объединить в 4 рудных тела по данным опробования: Б1, Б2, К1, К2, Н. Горизонт Б2 характеризуется отсутствием цементации бурожелезняковых оолитов, что делает его пригодным для применения геотехнологического метода скважинной гидродобычи. Следует отметить что в 2008 году проводился эксперимент по применению этого метода на Бакчарском поисковом участке, в результате которого из одной добычной камеры было добыто 800 т железной руды. Данный факт обосновывает дальнейшую перспективу этого метода и необходимость составления и обоснования кондиций непосредственно для рыхлых руд горизонта Б2.

Анализ гистограммы распределения железа в пробах показывает наличие бимодального распределения элемента, что говорит о наличии как минимум двух сортов железных руд. Вполне вероятно, что значение медианы (рис.1) в значении 24% может характеризовать наиболее оптимальное бортовое содержание.

## 6.2 Определение бортового содержания $Fe_{Общ}$

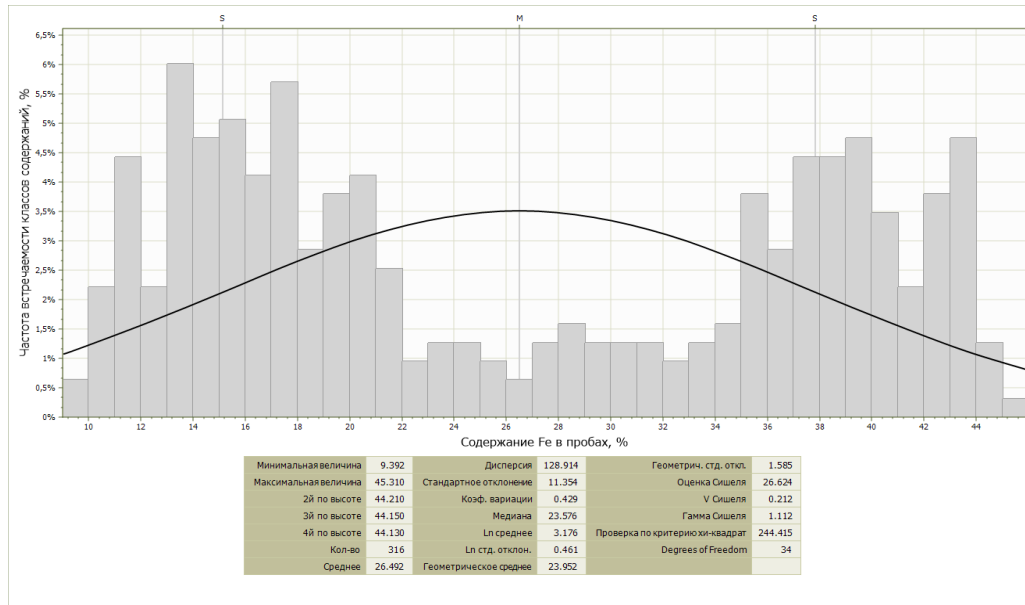


Рисунок 6.1 - Гистограмма распределения Fe в пробах горизонта Б2.

В геологоразведочной практике бортовое содержание определяется путем многовариантного статистического анализа содержаний Fe в пробах. Для проведения подобных операций наилучшим образом подходит блочное моделирование в различных горно-геологических системах. В качестве оптимальных выбираются такие значения бортового содержания, при которых обеспечиваются максимальная полнота использования недр и приемлемая экономическая эффективность горно-эксплуатационных работ. Построение блочных моделей дает возможность оперативно оценивать такие параметры как теоретические запасы металла (термин «теоретические запасы» означает несоблюдение методических рекомендаций ГКЗ при их подсчете), среднее содержание металла, горнорудную массу и др. в зависимости от значения бортового содержания. В программном комплексе Micromine была построена блочная модель рыхлых руд (выделенных по данным документации керна скважин) и проинтерполирована методом обратно-взвешенных расстояний (рис.2).

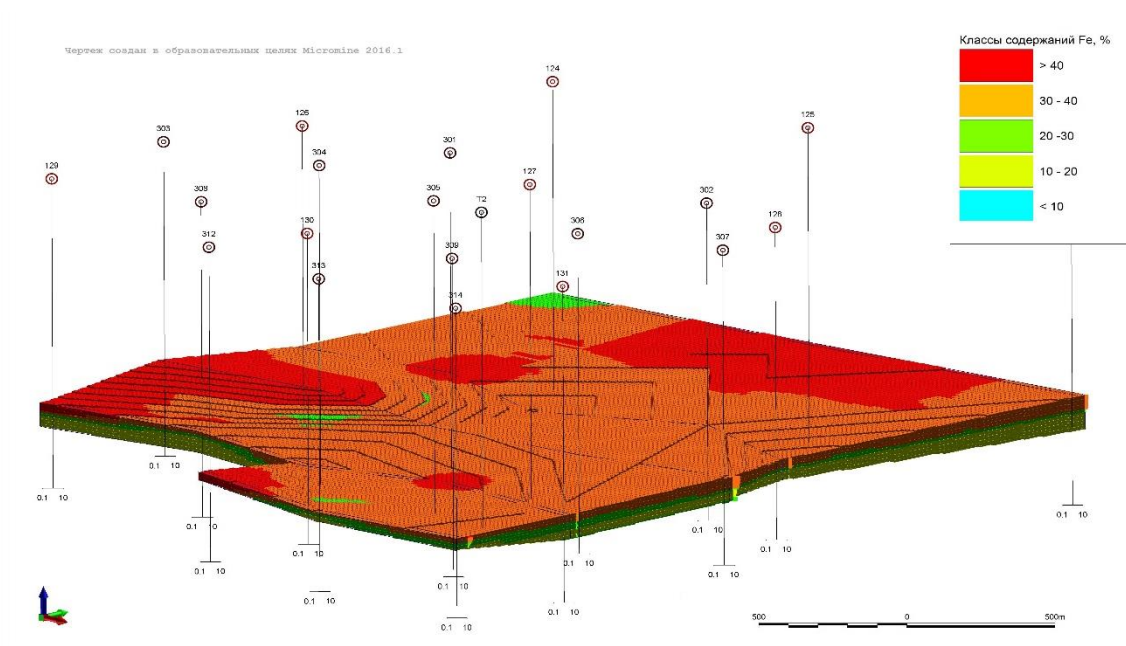


Рисунок 6.2 - Блочная модель Бакчарского горизонта (Б2) рыхлых руд

Корректность интерполяции оценивалась визуально на разрезах и сравнением с оценкой запасов в каркасной модели (различия составили 3% при допустимых 10%).

Таблица 6.1 - Таблица значений параметров рудного тела оконтуренного по различным вариантам бортового содержания.

Бортовое содержание Fe, %	Объем, м3	Рудная масса, т	Плотность, т/м3	Среднее содержание Fe, %	Теоритические запасы металла, т
40	4 740 950	9 481 900	2,00	41,57	3 941 533
39	6 683 150	13 366 300	2,00	40,97	5 475 506
38	11 419 400	22 838 800	2,00	39,90	9 112 838
37	19 083 750	38 167 500	2,00	38,96	14 871 942
36	24 039 200	48 078 400	2,00	38,46	18 491 339
35	27 931 550	55 863 100	2,00	38,05	21 253 828
34	31 835 250	63 670 500	2,00	37,61	23 949 139
33	35 203 750	70 407 500	2,00	37,22	26 206 567
32	38 699 700	77 399 400	2,00	36,79	28 477 597

31	41 970 250	83 940 500	2,00	36,38	30 539 619
30	44 487 000	88 974 000	2,00	36,05	32 074 833
29	46 848 750	93 697 500	2,00	35,72	33 468 007
28	49 053 750	98 107 500	2,00	35,39	34 725 023
27	51 371 300	102 742 600	2,00	35,04	36 000 463
26	54 001 100	108 002 200	2,00	34,62	37 392 134
25	56 524 000	113 048 000	2,00	34,22	38 679 679
24	58 762 400	117 524 800	2,00	33,84	39 775 873
23	61 428 650	122 857 300	2,00	33,40	41 029 310
22	63 948 400	127 896 800	2,00	32,97	42 163 236
21	66 198 800	132 397 600	2,00	32,58	43 131 820
20	68 357 500	136 715 000	2,00	32,20	44 016 643
19	70 810 850	141 621 700	2,00	31,75	44 971 777
18	75 741 250	151 482 500	2,00	30,89	46 792 812
17	80 597 450	161 194 900	2,00	30,08	48 491 282
16	87 795 050	175 590 100	2,00	28,97	50 865 115
15	94 972 400	189 944 800	2,00	27,95	53 089 714
14	102 010 700	204 021 400	2,00	27,02	55 132 832
13	105 826 300	211 652 600	2,00	26,54	56 167 289
12	107 389 750	214 779 500	2,00	26,33	56 559 426
11	108 102 400	216 204 800	2,00	26,24	56 727 083
10	108 102 400	216 204 800	2,00	26,24	56 727 083
9	108 102 400	216 204 800	2,00	26,24	56 727 083

Далее анализировались изменения теоретических запасов металла, приращение запасов металла, изменение среднего содержания  $C_{ср.}$ , приращение среднего содержания  $\Delta C_{ср.}$ , отношение запасов металла к горнорудной массе (коэффициент рудоносности).

На рисунке 7.3 изображена диаграмма зависимости коэффициента рудоносности и теоретических запасов металла. Коэффициент рудоносности представляет собой отношение теоретических запасов к общей массе рудного тела (руда+порода).

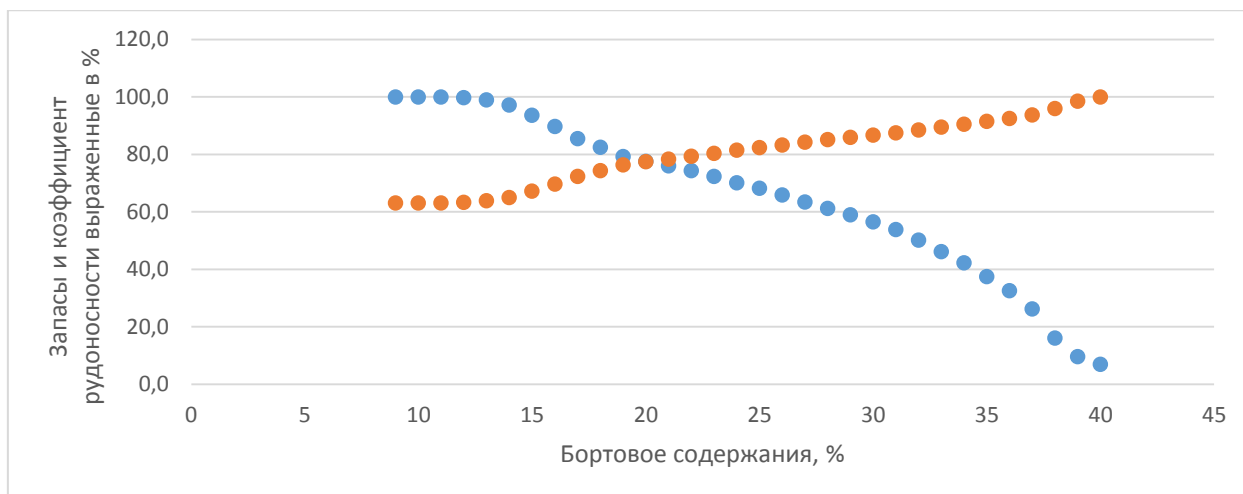


Рисунок 6.3 - Диаграмма зависимости коэффициента рудоносности и теоритических запасов от бортового содержания, выраженных в процентах.

Теоретические запасы и коэффициент рудоносности выражены в процентах, где за 100% принимается максимальное значение этих показателей в выборке (при минимальном и максимальном бортовом содержании соответственно). На диаграмме видно, что теоретические запасы при увеличении значения бортового содержания уменьшаются с разной степенью интенсивности, обратное происходит с коэффициентом рудоносности. Таким образом, можно сделать вывод, что при анализе этих двух параметров место пересечения этих графиков (при  $S_{\text{борт}}=20\%$ ) будет оптимальным вариантом бортового содержания. За пределами этого значения в большую сторону запасы будут увеличиваться, а эффективность горных работ понижаться. В практике геолого-экономической оценки принято проводить подсчет запасов по нескольким вариантам бортового содержания, обоснование других вариантов приводится ниже.



Рисунок 6.4 - Гистограмма зависимости уменьшения запасов Fe от увеличения бортового содержания



Рисунок 6.5 - Гистограмма приращения запасов Fe зависимо от уменьшения значения бортового содержания

На приведенных выше гистограммах, построенных с шагом изменения Сбор (бортовое содержание) = 1%, отражено изменение запасов в зависимости от значения бортового содержания. Следует отметить, что запасы металла в рыхлых железных рудах стабильно убывают при повышении бортового содержания, начиная с 12%. Наблюдаются пики приращения запасов в значениях бортового содержания 27%, 24%, 19%, 17%.



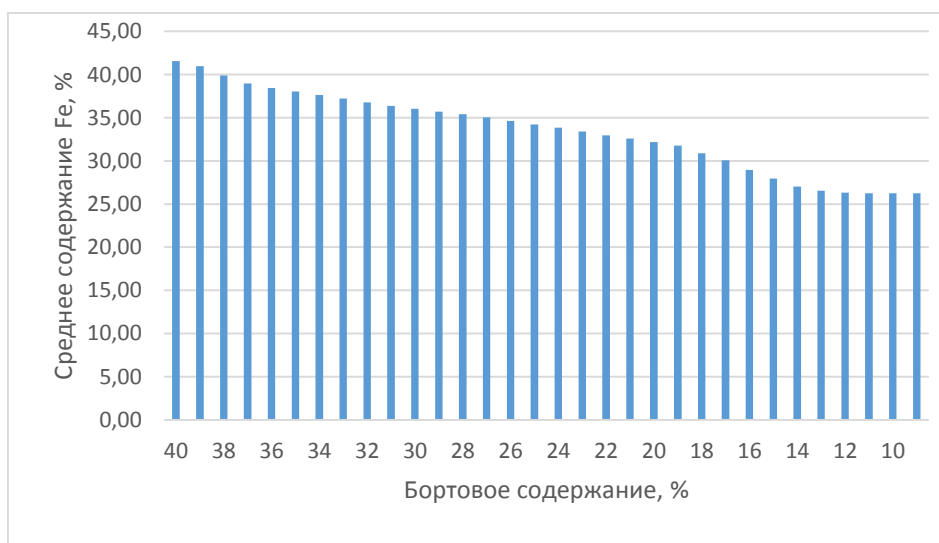


Рисунок 6.6 - Гистограмма зависимости среднего содержания Fe в рудном теле от уменьшения бортового содержания



Рисунок 6.7 - Гистограмма приращения среднего содержания железа в рудном теле в зависимости от значения бортового содержания.

Согласно результатам испытаний обогатимости железных руд Бакчарского рудного узла оптимальным средним содержанием можно считать 28% железа общего (анализировались две технологические пробы со средними содержаниями 20% и 36%, обе показали свою пригодность для доменной плавки после проведения обжиг-магнитной сепарации, однако

присутствуют существенные различия в выходе концентрата). Поэтому тела, оконтуренные по бортовому содержанию ниже 16%, можно считать технологически некондиционными. Максимальные приращения среднего содержания наблюдаются в значениях Сборт. 17%, 19%, также некоторое приращение наблюдается в значениях 24% и 27%.

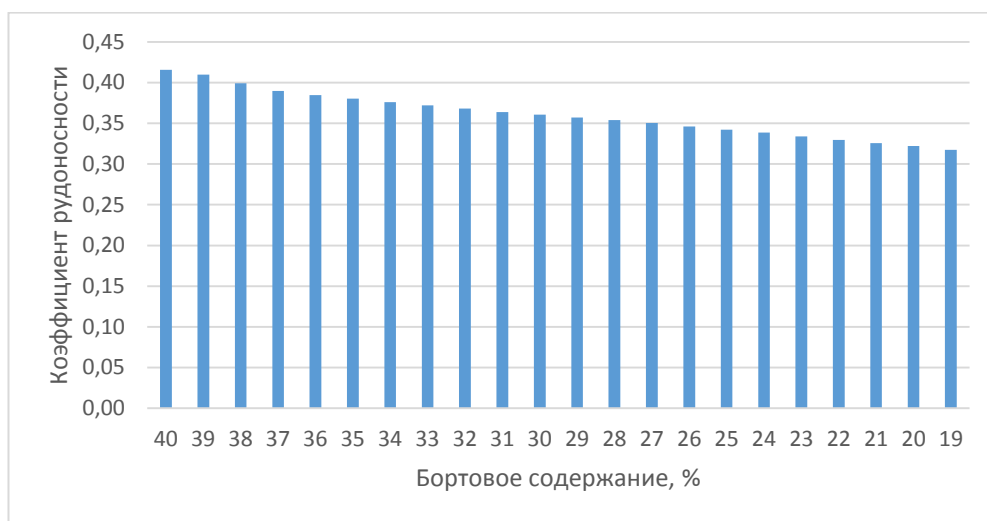


Рисунок 6.8 - Значение коэффициента рудоносности от бортового содержания.



Рисунок 6.9 - Гистограмма приращение коэффициента рудоносности в зависимости от бортового содержания

Таким образом, определяются наиболее характерные варианты: 17%, 19%, 24%, и 27%. При выборе оптимального бортового содержания следует иметь ввиду, что бортовое содержание – это прежде всего экономическое

понятие, и при выборе оптимального следует опираться на экономические показатели эффективности инвестиций. Далее (табл.3.1, 3.2, 3.3) приведены экономические расчеты с использованием параметров рудного тела при значениях бортового содержания 9 – 40%.

Расчет себестоимости полезного ископаемого проводился с учетом индексации цен, рассчитанных Боярко Г.Ю.[1] в 2008 году(табл.2). По данным портала <http://уровень-инфляции.рф> инфляция на период 2008-2016 год составила 115%

Таблица 7.2 - Затраты на добычу 1 т полезного ископаемого.

<b>Затраты на 1 т полезного ископаемого</b>	<b>Руб.</b>
- добыча	269
- обогащение (рудосортировка)	150
- агломерация	260
- прочее (транспортные, производственные и др.)	600
<b>Всего</b>	<b>1279</b>

Рыночная цена товарного продукта (железорудного агломерата) определялась как средняя цена отгруженного агломерата в России в 2016 году по открытым данным Федеральной службы статистики <http://www.gks.ru/> и составила 2700 рублей за тонну.

Объем годовой добычи определялся на основании имеющегося письма от Западно-Сибирского металлургического комбината, потребность которого принимать бакчарский агломерат была оценена в 1 млн. т. в год.

Величина капитальных вложений в строительство инфраструктуры предприятия также была проиндексирована по отношению к цене 2008 года и составила 2,4 млрд. рублей.

Таблица 6.3 - Расчет показателей экономической эффективности при разных значениях бортового содержания.

Сборт Fe, %	Запасы руды, тыс. т	Запасы руды с учетом потерь, тыс. т	Сред. Fe, %	Стоимость добычи, тыс. руб.	Стоимость обогащения, млн. руб.	Затраты руды на конц. (55%), т	Количество концентрата., тыс. т	Себестоимость концентрата, млн. руб.
40	9 482	5 689	41,57	1 479	853	2,61	2 181	2 333
39	13 366	8 020	40,97	2 085	1 203	2,65	3 030	3 288
38	22 839	13 703	39,90	3 563	2 055	2,72	5 043	5 618
37	38 168	22 901	38,96	5 954	3 435	2,78	8 230	9 389
36	48 078	28 847	38,46	7 500	4 327	2,82	10 233	11 827
35	55 863	33 518	38,05	8 715	5 028	2,85	11 762	13 742
34	63 671	38 202	37,61	9 933	5 730	2,88	13 254	15 663
33	70 408	42 245	37,22	10 984	6 337	2,91	14 503	17 320
32	77 399	46 440	36,79	12 074	6 966	2,95	15 760	19 040
31	83 941	50 364	36,38	13 095	7 555	2,98	16 901	20 649
30	88 974	53 384	36,05	13 880	8 008	3,01	17 751	21 888
29	93 698	56 219	35,72	14 617	8 433	3,04	18 522	23 050
28	98 108	58 865	35,39	15 305	8 830	3,06	19 217	24 134
27	102 743	61 646	35,04	16 028	9 247	3,09	19 923	25 275
26	108 002	64 801	34,62	16 848	9 720	3,13	20 693	26 569
25	113 048	67 829	34,22	17 635	10 174	3,17	21 406	27 810
24	117 525	70 515	33,84	18 334	10 577	3,20	22 013	28 911
23	122 857	73 714	33,40	19 166	11 057	3,25	22 706	30 223
22	127 897	76 738	32,97	19 952	11 511	3,29	23 334	31 463
21	132 398	79 439	32,58	20 654	11 916	3,33	23 870	32 570
20	136 715	82 029	32,20	21 328	12 304	3,37	24 360	33 632
19	141 622	84 973	31,75	22 093	12 746	3,41	24 888	34 839
18	151 483	90 890	30,89	23 631	13 633	3,51	25 896	37 265
17	161 195	96 717	30,08	25 146	14 508	3,60	26 836	39 654
16	175 590	105 354	28,97	27 392	15 803	3,74	28 150	43 195
15	189 945	113 967	27,95	29 631	17 095	3,88	29 381	46 726
14	204 021	122 413	27,02	31 827	18 362	4,01	30 512	50 189
13	211 653	126 992	26,54	33 018	19 049	4,09	31 084	52 067
12	214 780	128 868	26,33	33 506	19 330	4,12	31 301	52 836
11	216 205	129 723	26,24	33 728	19 458	4,13	31 394	53 186
10	216 205	129 723	26,24	33 728	19 458	4,13	31 394	53 186
9	216 205	129 723	26,24	33 728	19 458	4,13	31 394	53 186

Таблица 6.4 - Расчет показателей экономической эффективности при разных значениях бортового содержания.

Сборг Fe, %	Стоимость агломерации + пр. расходы, млн. руб.	Себестоимость агломерата, млн. руб.	Рыночная стоимость 1 т агломерата, рруб.	Рыночная стоимость агломерата, млн. руб.	Капитальные вложения, млн. руб.	Общий объем инвестиций, млн. руб.	Сальдо, млн. руб.
40	1 876	4 208	2 700	5 890	2 377	6 586	-696
39	2 606	5 894	2 700	8 182	2 377	8 271	-90
38	4 337	9 956	2 700	13 617	2 377	12 333	1 284
37	7 078	16 467	2 700	22 222	2 377	18 845	3 378
36	8 801	20 628	2 700	27 630	2 377	23 005	4 625
35	10 116	23 858	2 700	31 758	2 377	26 235	5 523
34	11 398	27 061	2 700	35 786	2 377	29 438	6 347
33	12 473	29 793	2 700	39 159	2 377	32 170	6 988
32	13 554	32 594	2 700	42 552	2 377	34 971	7 581
31	14 535	35 184	2 700	45 633	2 377	37 562	8 072
30	15 266	37 153	2 700	47 927	2 377	39 530	8 397
29	15 929	38 978	2 700	50 009	2 377	41 355	8 653
28	16 527	40 661	2 700	51 887	2 377	43 039	8 849
27	17 134	42 409	2 700	53 793	2 377	44 786	9 007
26	17 796	44 365	2 700	55 872	2 377	46 742	9 130
25	18 409	46 219	2 700	57 796	2 377	48 596	9 200
24	18 931	47 842	2 700	59 434	2 377	50 219	9 215
23	19 527	49 750	2 700	61 307	2 377	52 128	9 180
22	20 067	51 530	2 700	63 002	2 377	53 907	9 095
21	20 528	53 098	2 700	64 449	2 377	55 475	8 974
20	20 949	54 581	2 700	65 771	2 377	56 958	8 813
19	21 404	56 243	2 700	67 198	2 377	58 620	8 578
18	22 271	59 535	2 700	69 919	2 377	61 912	8 007
17	23 079	62 733	2 700	72 457	2 377	65 110	7 347
16	24 209	67 404	2 700	76 004	2 377	69 781	6 223
15	25 267	71 994	2 700	79 328	2 377	74 371	4 957
14	26 240	76 429	2 700	82 381	2 377	78 806	3 575
13	26 732	78 799	2 700	83 927	2 377	81 176	2 751
12	26 919	79 755	2 700	84 513	2 377	82 132	2 381
11	26 999	80 185	2 700	84 763	2 377	82 562	2 201
10	26 999	80 185	2 700	84 763	2 377	82 562	2 201
9	26 999	80 185	2 700	84 763	2 377	82 562	2 201

Таблица 6.5 - Расчет показателей экономической эффективности при разных значениях бортового содержания.

Сборт Fe, %	Индекс доходности, %	Годовая прибыль, млн. руб.	Обеспечение запасами, лет	Окупаемость, лет	Внутренняя норма доходности, %	ЧДД (при ставке 22,8%), млн. руб.
40	0,89	-319	2,2			
39	0,99	-30	3,0			
38	1,10	255	5,0	9,3		
37	1,18	410	8,2	5,8	4,9	42
36	1,20	452	10,2	5,3	8,1	94
35	1,21	470	11,8	5,1	9,5	132
34	1,22	479	13,3	5,0	10,4	167
33	1,22	482	14,5	4,9	11,0	194
32	1,22	481	15,8	4,9	11,4	219
31	1,21	478	16,9	5,0	11,8	239
30	1,21	473	17,8	5,0	11,9	253
29	1,21	467	18,5	5,1	12,1	264
28	1,21	460	19,2	5,2	12,2	272
27	1,20	452	19,9	5,3	12,3	279
26	1,20	441	20,7	5,4	12,3	284
25	1,19	430	21,4	5,5	12,4	287
24	1,18	419	22,0	5,7	12,4	287
23	1,18	404	22,7	5,9	12,4	286
22	1,17	390	23,3	6,1	12,3	282
21	1,16	376	23,9	6,3	12,3	277
20	1,15	362	24,4	6,6	12,2	270
19	1,15	345	24,9	6,9	12,0	261
18	1,13	309	25,9	7,7	11,7	237
17	1,11	274	26,8	8,7	11,3	209
16	1,09	221	28,1	10,8	10,3	162
15	1,07	169	29,4	14,1	8,7	108
14	1,05	117	30,5	20,3	5,6	50
13	1,03	88	31,1	26,9	2,3	16
12	1,03	76	31,3	31,3		
11	1,03	70	31,4	33,9		
10	1,03	70	31,4	33,9		
9	1,03	70	31,4	33,9		

Анализ полученной информации проще всего представить в виде гистограмм по основным показателям эффективности инвестиционных проектов (рисунки 7.10, 7.11, 7.12.)



Рисунок 6.10 - Гистограмма зависимости срока окупаемости капитальных вложений от значения бортового содержания.

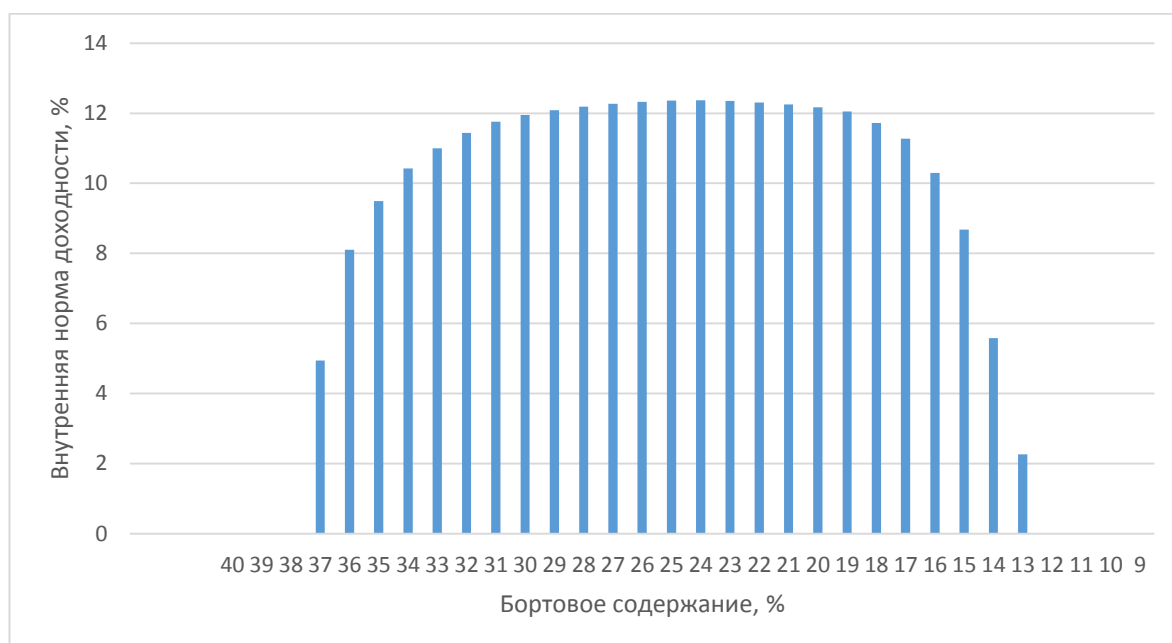


Рисунок 6.11 - Гистограмма зависимости внутренней нормы доходности от значения бортового содержания.



Рис.6.12 - Гистограмма зависимости показателя чистого дисконтируемого дохода от значения бортового содержания.

Таким образом, можно сделать вывод, что наибольшая экономическая эффективность достигается при оконтуривании рудного тела по бортовому содержанию железа 24%. Применение такого варианта позволяет достичь наибольшей величины чистого дисконтируемого дохода (287 млн.рублей), рассчитанного при ставке дисконтирования 22,8%. Данная ставка выведена исходя из прогноза уровня инфляции к концу срока окупаемости капитальных вложений (5 лет, 4,п% в год).

### 6.3 Определение минимальной мощности рудного интервала

Минимальная мощность рудного интервала определяется исходя из возможностей оборудования скважинной гидродобычи. Расчет этого параметра был подробно проведен при написании отчета 2007 года [1], принципиально новых данных у автора данной работы не имеется.

Технологически скважинная гидродобыча рыхлых железных руд возможна только сверху вниз и только из одного горизонта, находящегося под покрывкой плотных глин, не приводящих к разубоживанию рудной массы. Разработка более глубокого горизонта рыхлых кондиционных руд при наличии рыхлого безрудного прослоя приведет к разубоживанию



подымаемой рудной массы, что неприемлемо. Даже в случае прочного безрудного прослоя для разработки нижнего рыхлого рудного пласта потребуется обсадка интервала отработанной камеры с уменьшением диаметра скважины, причем возникает риск деформации обсаженного интервала за счет непредсказуемых деформаций просадки кровли верхней камеры.

Рассмотрим показатели извлечения рудной массы и оставленных в недрах запасов из одиночной скважины СГД. Параметры рабочей ячейки скважины: 70×70 м, максимальное расстояние размыва руды – 35 м, угол уклона смыва по дну камеры – 5° (для крупнозернистых песков и гравия, Ялтанец, 2003).

В таблице приводятся данные расчета извлечения и потерь для разной высоты разрабатываемой камеры. До высоты 3 м длина максимального размыва R лимитируется углом уклона смыва. Межскважинный (неразмытый) целик рассчитывался вычитанием из объема ячейки скважины (параллелепипед 35м×35м×Н) объема цилиндра высотой Н с максимальным расстоянием размыва R ( $\pi \times R^2 \times H$ ). Потери на уклоне определялись вычитанием объема цилиндра высотой Н с максимальной длиной размыва R ( $\pi \times R^2 \times H$ ) опрокинутого конуса извлеченной рудной массы ( $1/3 \times \pi \times R^2 \times H_{<3м}$ ). Начиная с высоты камеры 3 м потери на уклоне становятся постоянной величиной для расстояния размыва R в 35 м.

Таблица 6.6 - Расчет потерь руды при добыче железной руды методом СГД

Высота камеры, Н, м	Расстояние максимальный размыв, R, м	Объем руды в ячейке скважины, 35м×35м×Н, м <sup>3</sup>	Извлечение рудной массы, Q <sub>пр</sub> м <sup>3</sup>	Потери в межскважинных целиках, м <sup>3</sup>	Потери на уклонах смыва, м <sup>3</sup>	Общие потери в недрах, Q <sub>пн</sub>		1-я производная процентов потерь	2-я производная процентов потерь
						м <sup>3</sup>	%		
1	11,7	4900	143	4470	287	4757	97,1		
2	23,4	9800	1147	6360	2294	8654	88,3	8,8	
3	35	14700	3848	3155	7697	10852	73,8	14,5	-5,7
4	35	19600	7696	4206	7697	11903	60,7	13,1	1,4
5	35	24500	11545	5258	7697	12955	52,9	7,8	5,3
6	35	29400	15393	6309	7697	14006	47,6	5,3	2,5

7	35	34300	19242	7361	7697	15058	43,9	3,7	1,6
8	35	39200	23090	8412	7697	16109	41,1	2,8	0,9
9	35	44100	26939	9464	7697	17161	38,9	2,2	0,6
10	35	49000	30787	10515	7697	18212	37,2	1,7	0,5
11	35	53900	34636	11567	7697	19264	35,7	1,5	0,2

По предварительным расчетам для рентабельной работы из одной скважины необходимо извлечь не менее 5000 т сырой руды (2272 м<sup>3</sup>), т.е. при высоте отработки Н свыше 3 м. Однако потери в недрах составляют для высоты выемки 3 метра 73,8%. Анализируя первую и вторую производную потерь, находим, что перегиб снижения потерь приходится на интервал высоты выемки 4–5 м. Детализируем высоту отработки камеры с шагом 0,1 м и получаем, что перегиб снижения потерь приходится на интервал высоты выемки 4,2–4,3 м.

Таблица 6.6 - Расчет потерь руды при добыче железной руды методом СГД

Высота камеры, Н, м	Расстояние максимальный размыв, R, м	Объем руды в ячейке скважины, 35м×35м×Н, м <sup>3</sup>	Извлечение рудной массы, Q <sub>ИР</sub> м <sup>3</sup>	Потери в межскважинных целиках, м <sup>3</sup>	Потери на уклонах смыва, м <sup>3</sup>	Общие потери в недрах, Q <sub>ИП</sub>		1-я производная процентов потерь	2-я производная процентов потерь
						м <sup>3</sup>	%		
4,0	35	19600	7696	4206	7697	11903	60,73		
4,1	35	20090	8081	4311	7697	12008	59,77	0,96	
4,2	35	20580	8466	4417	7697	12114	58,86	0,91	0,07
4,3	35	21070	8851	4522	7697	12219	57,99	0,87	0,04
4,4	35	21560	9236	4627	7697	12324	57,16	0,83	0,04
4,5	35	22050	9621	4732	7697	12429	56,37	0,79	0,04
4,6	35	22540	10006	4837	7697	12534	55,61	0,76	0,03
4,7	35	23030	10390	4942	7697	12639	54,88	0,73	0,03
4,8	35	23520	10775	5047	7697	12744	54,18	0,7	0,03
4,9	35	24010	11160	5153	7697	12850	53,52	0,66	0,04

Таким образом, минимальная мощность одиночного (и единственного) рудного интервала рыхлых руд для отработки методом СГД определяется в 4,3 м.

Определяем извлечение рудной массы и потерь в недрах для средней мощности оценочного участка в 8,5 м. Извлечение рудной массы Q<sub>ИР</sub> м<sup>3</sup> с

одной скважины составляет 25014 м<sup>3</sup> (55000 т), а общие потери в недрах, Q<sub>пн</sub> – 39,9%.

Таблица – 7.6 Расчет потерь руды при добыче железной руды методом СГД

Высота камеры, Н, м	Расстояние максимальный размыв, R, м	Объем руды в ячейке скважины, 35м×35м ×Н, м <sup>3</sup>	Извлечение рудной массы, Q <sub>ир</sub> м <sup>3</sup>	Потери в межскважинных целиках, м <sup>3</sup>	Потери на уклонах смыва, м <sup>3</sup>	Общие потери в недрах, Q <sub>пн</sub>	
						м <sup>3</sup>	%
8,5	35	41650	25014	8938	7697	16635	39,9

#### 6.4 Определение минимально-промышленного содержания по блоку

Определение минимально-промышленного содержания также определяется повариантными экономическими расчетами. Рассмотрим удельные затраты на отдельные операции подготовки товарного агломерата вплоть до отгрузки потребителям (франко-вагон).

По данным Федеральной службы государственной статистики, на конец 2016 года цена (без НДС) на железорудный агломерат, отгружаемый производителями, в среднем по России составляла 2700 руб./т.

Для агломерата из бакчарских железных руд цена франко-вагон определяется ниже этого уровня – 1200 руб.т, (подробные данные были приведены вышел в табл. 2).

Минимальное промышленное содержание ( $C_{\min}$ ) определяется по формуле:

$$C_{\min} = C_{\text{Ср}} \times [3 / (\text{Ц} \times \text{И} \times \text{Р})]$$

где  $C_{\text{Ср}}$  – среднее содержание Fe<sub>общ</sub> по месторождению; 3 – эксплуатационные затраты на добычу, обогащение, агломерацию и транспортировку франко-вагон бакчарского агломерата, Ц – цена на агломерат франко-вагон без НДС, И – сквозное извлечение главного

полезного компонента, доли единицы, Р – показатель разубоживания руд, доли единицы.

Далее было рассчитано оптимальное минимальное промышленное содержание для различных вариантов бортового содержания.

Табл. 6.7 - Расчет минимально промышленного содержания при различных вариантах бортового содержания.

Бортовое содержание, %	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25
Минимально-промышленное содержание, %	36,4	35,9	35,0	34,1	33,7	33,3	33,0	32,6	32,2	31,9	31,6	31,3	31,0	30,7	30,3	30,0
Бортовое содержание, %	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Минимально-промышленное содержание, %	29,7	29,3	28,9	28,5	28,2	27,8	27,1	26,4	25,4	24,5	23,7	23,2	23,1	23,0	23,0	23,0

### **6.5 Максимальная мощность безрудного прослоя и максимальная мощность рудного интервала**

Так как отработка рыхлого материала методом скважинной гидродобычи технологически возможна только из одного непрерывного рудного интервала, то показатель максимальной мощности безрудного прослоя исключается из кондиционных показателей.

Из опыта СГД максимальная высота камеры составляла 87,7 м на Шамраевском участке КМА (Аренс и др. 1996). Максимальная мощность рыхлых железных руд на Оценочном участке Бакчарского проявления составляет 18 м, а максимально встреченная общая мощность железорудных пластов (рыхлых + цементированных) – 35 м. Таким образом, показатель максимальной мощности рудного интервала также исключается из кондиционных показателей.

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что по результатам приведенных выше технико-экономических расчетов рекомендуются к

использованию при оконтуриванию рудных тел и подсчете запасов следующие временные оценочные кондиции:

- Бортовое содержание  $Fe_{Общ} C_B = 24\%$ ;
- Минимальная мощность рудного интервала – 4,3 м;
- Минимальное промышленное содержание ( $C_{min}$ ) – 30%  $Fe_{Общ}$ .

Сводные экономические показатели использования полученных параметров кондиций при разработке западного участка Бакчарского рудного узла приведены в таблице 8.

Таблица 6.8 - Основные технико-экономические показатели для варианта СГД

Показатели	Единица измерения	За год	За период эксплуатации
Геологические запасы, в т. ч.:	тыс. т	-	216 205
- категория С2	тыс. т	-	216 205
Среднее содержание компонентов в геологических запасах	%	-	33,84
Промышленные запасы, положенные в обоснование ТЭО	тыс. т	-	117 525
Среднее содержание компонентов в промышленных запасах	%	33,84	33,84
Потери	%	39,9	39,9
Разубоживание	%	0	0
Эксплуатационные запасы	тыс. т		70 515
Среднее содержание компонентов в эксплуатационных запасах	%		33,84
Срок обеспеченности предприятия запасами	лет		22
Горизонт расчета	лет		22
Год выхода предприятия на полную производственную мощность	год	-	1
Производственная мощность предприятия по руде	тыс. т	1750	29951
Горная масса	тыс. т	1750	70 515
Показатели обогащения минерального сырья:			
- выход концентрата	%	57,13	57,13
- извлечение компонента в концентрат	%	89,34	89,34
- содержание компонента в концентрате	%	55,13	55,13
Выпуск конечной товарной продукции	тыс. т	1000	17115
Цена реализации единицы (т) товарной продукции	руб.	2 700	2 700
Стоимость товарной продукции, общая	млн. руб.	2700	59 434
Капитальные затраты, в т. ч.:	млн. руб.		2000
Эксплуатационные затраты, в т. ч.:	млн. руб.	686	1162
- амортизация	млн. руб.	70,4	633
- НДС	млн. руб.	43,2	
Затраты на 1 т полезного ископаемого, в т. ч.:	руб.	1220	
- добыча	руб.	260	

- обогащение (рудосортировка)	руб.	150	
- агломерация	руб.	260	
- прочее (общехозяйственные, непроектные и др.)	руб.	600	
<b>Валовая прибыль</b>	млн. руб.		9 215
<b>Налог на имущество и прочие платежи</b>	млн. руб.	3,2	58
<b>Налогооблагаемая прибыль</b>	млн. руб.	72,4	1236
<b>Налог на прибыль</b>	млн. руб.	17,4	297
<b>Чистая прибыль</b>	млн. руб.	55	939
<b>Ставка дисконтирования</b>	%		22,8
<b>Чистый дисконтированный доход</b>	млн. руб.		287
<b>Индекс доходности</b>	доли ед.		1,18
<b>Срок окупаемости капитальных вложений</b>	лет		5,7
<b>Внутренняя норма доходности</b>	%		12,4

Вариант разработки геотехнологическим способом скважинной гидродобычи имеет положительную рентабельность обладая следующими основными показателями:

- оптовая стоимость товарной продукции – 2700 руб./т;
- затраты на 1 т полезного ископаемого – 1200 руб./т;
- чистый дисконтированный доход проекта – 287 млн. руб.;
- индекс доходности – 1,18;
- срок окупаемости капитальных вложений – 5,7 лет;
- внутренняя норма доходности – 12,4 %.

Необходимо отметить, что данные кондиции подготовлены для сыпучих руд рудного тела Б2, в пределах исследуемого участка только они представляют промышленный интерес. Запасы остальных рудных горизонтов будут оцениваться как экономически забалансовые руды, по временным параметрам кондиций разработанным в 2008 году.

## **7. Подсчет и визуализация запасов железных руд и элементов примесей с применением геостатистических методов интерполяции.**

Как отмечалось выше, подсчет запасов проводился в двух вариантах. В первом варианте использовались аналитические данные керновых проб, проанализированные методом ИСП-АЭС в аккредитованной лаборатории, неопробованные интервалы дополнили данные полученные с портативного РФА-спектрометра. Во втором варианте использовались данные только РФА-спектрометрии. Подсчет в двух вариантах необходим, что бы оценить влияние данных РФА-спектрометрии на достоверность подсчета запасов.

Подсчет запасов было решено провести двумя методами: классическим методом геологических блоков используя каркасное 3D моделирование и методом блочного 3D моделирования с интерполяцией запасов геостатистическим методом универсального кригинга.

При выделении рудных интервалов и оконтуривании рудных тел применялись методические рекомендации ГКЗ[] и ВИМС[]. Для построения блочной модели применялась инструкция «Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа».

### **7.1 Принципы выделения рудных интервалов и построения каркасной 3-**

#### **Д модели, подсчет запасов методом блоков.**

При оконтуривании рудных тел для подсчета запасов на Западном участке Бакчарского железорудного узла применялись следующие параметры кондиций:

- Бортовое содержание ( $C_{\text{борт}}$ ) 24% Feобщ;
- Минимальное промышленное содержание ( $C_{\text{min}}$ ) 30% Feобщ;
- Минимальная мощность рудного тела  $M_{\text{рт}}$  – 4,3м для сыпучих руд;

- Показатель максимальной мощности пустого прослоя исключается из параметров, так как наиболее вероятный метод обработки объекта - метод скважинной гидродобычи предполагает обработку одного рудного тела.

Важным атрибутом подсчета запасов является правильное выделение рудных интервалов, учитывая кондиционные параметры. Особое внимание стоит уделять приращению кондиционного интервала за счет пустых прослоев между бортовыми пробами. Образованный интервал должен отвечать двум параметрам:  $K1+N>C_{\text{борт}}$  и  $K2+N>C_{\text{борт}}$ , где  $K1$  и  $K2$  это два кондиционных интервала (или две кондиционные пробы),  $N$  – пустой прослой между ними. Если одно неравенство не удовлетворяет условию, то данный интервал не включают в контур кондиционного интервала. Следует отметить, что образованные интервалы не должны разубоживаться сильнее, чем минимальное промышленное содержание в интервале и блоке. Пример выделения рудных интервалов представлен на таблице 7.1 Также выделение рудных интервалов можно проводить в программе Micromine используя метод объединения проб в композиты.

Следует отметить, что разработанным параметрам кондиций отвечают лишь отложения бакчарского горизонта. Бакчарский верхний горизонт сцементированных руд оценивается по категории P1 так как не подходит для обработки методом СГД, сыпучие руды бакчарского нижнего горизонта подсчитываются по категории С2. Руды остальных железозоносных горизонтов не удовлетворяют установленным параметрам, и будут оценены по категории P1 с другими параметрами кондиций:

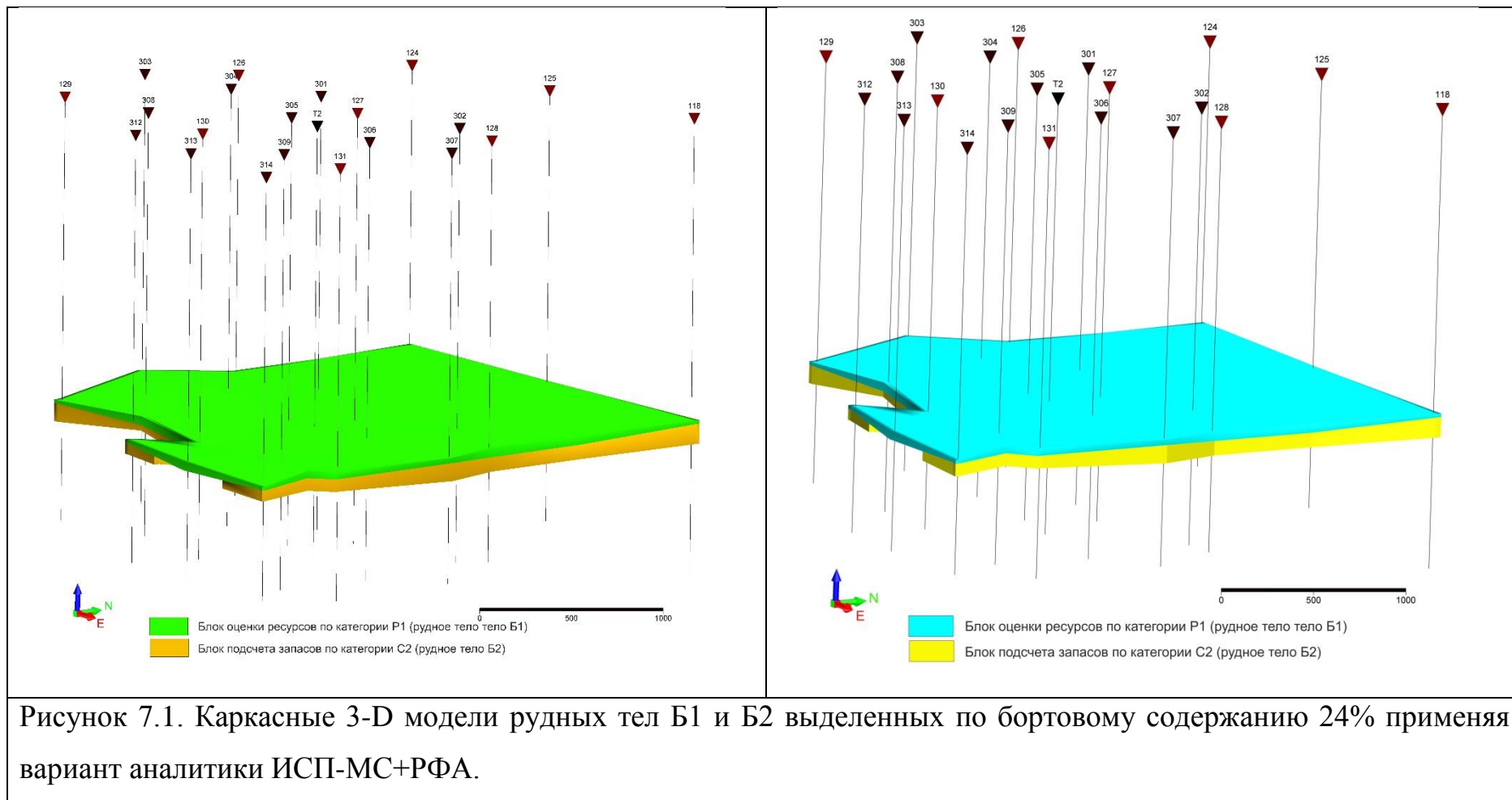
- Бортовое содержание=20%, 16%;
- Минимальная мощность рудного тела – 2м.

Выделенные рудные интервалы оконтуривались на разрезах и объединялись в блок (каркас) и далее подсчитывались классическим методом, усредняя мощности и средние содержания в блоке по каждому интервалу. Модели представлены на рисунке 7.2.



Таблица 7.1. Пример выделения кондиционного интервала в скважине. Желтым обозначены сыпучие руды, зеленым - сцементированные, серым - пустые прослойки.

Скважина	От	До	Fe	Бортовое содержание	Мощность кондиционного интервала рыхлых руд	Содержание Fe в элементарном кондиционном интервале	Формирование кондиционного интервала	Формирование кондиционного интервала	Содержание в кондиционном интервале	Мощность кондиционного интервала		
303	164,50	166,50	39,28	24%	2,0	39,28	25,15		39,28	2,0		
	166,50	168,20	43,04		1,7	43,04			34,48	33,17	7,1	
	168,20	170,20	7,25		2,0							
	170,20	171,20	43,79		3,4	43,55						
	171,20	172,20	43,94									
	172,20	173,60	42,93		3,7	36,40		36,40				3,7
	173,60	175,30	41,95									
	175,30	177,30	31,68		20%	2,8	23,51	20,51				
	177,30	179,10	27,73									
	179,10	180,10	19,29	2,2		16,57		16,57				
	180,10	181,20	14,51									
	181,20	182,30	18,63	15,6		22,67			22,67	15,6		
	182,30	184,30	16,92									
	184,30	186,30	25,80									
	186,30	188,30	18,94									
	188,30	190,30	22,02									
	190,30	191,80	23,41									
	191,80	193,90	28,28									
	193,90	195,90	22,91									
	195,90	197,90	22,99									



Объемная масса принималась равно 1,9 т/м<sup>3</sup> для рыхлых руд горизонта Б2 и 2,4 т/м<sup>3</sup> для цементированных руд тела Б1.

В таблице 7.3 представлены результаты подсчета запасов.

Таблица 7.3. Результаты подсчета запасов и оценки ресурсов в рудных телах Б1 и Б2 по двум вариантам аналитики.

Рудное тело	Объем, тыс.м <sup>3</sup>	Рудная масса, тыс.т	Объемный вес, т/м <sup>3</sup>	Среднее содержание Fe, %	Запасы, тыс.т
<b>Вариант ИСП-МС+РФА</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 730	49 751	2,4	40,47	20 135
<b>С2-Б2</b>	46 462	88 279	1,9	37,53	33 128
<b>Вариант РФА</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 376	48 902	2,4	38,68	18 916
<b>С2-Б2</b>	46 478	88 309	1,9	36,47	32 204

По результатам подсчета запасов можно сделать вывод, что запасы и ресурсы в рудных телах Б1 и Б2 отличаются на 1,2 млн. т и 0,9 млн.т соответственно, погрешность в подсчете по запасам можно оценить, как 6% и 2,7%.

Таким образом, в данном методе подсчета используется классическая методика выделения рудных интервалов, которая значительно упрощена и автоматизирована возможностями программного комплекса Micromine. Программа в данном случае рассчитывает объем рудного тела и усредняет содержание полезного компонента в блоке. Преимуществами данного метода является большая оперативность и достаточно высокая точность, которая достигается главным образом отсутствием влияния человеческого фактора на расчеты. Главным недостатком метода является отсутствие визуализации запасов и возможно не совсем верное усреднение содержаний в пробах.

Погрешность в подсчете можно снизить разделив один блок на несколько по классам содержаний, однако делать этого я конечно не буду. Для более точного усреднения рациональнее воспользоваться методом блочного моделирования, подсчет таким методом будет охарактеризован в следующей главе.

## **7.2 Построение блочной модели рудных тел, интерполяция запасов**

### **железа методом универсального кригинга и подсчет запасов.**

Блочное моделирование представляет собой процедура разделения подсчитываемого тела не маленькие блоки заданного размера. Эти блоки могут обладать информацией о среднем содержании полезного компонента, физико-механическом свойстве пород и руд. Единственной задачей оператора программы является выбор метода сообщения информации каждому блоку. Иными словами, свойства в блоках необходимо интерполировать различными методами. Наиболее популярны сегодня два метода интерполяции – метод обратно взвешенных расстояний и группа статистических методов.

Метод обратно-взвешенных расстояний основан на анализе влияния имеющихся данных (проб) на пустой блок, то есть чем ближе блок к пробе, тем больше влияние пробы на этот блок. При интерполяции используют особый инструмент – эллипсоид поиска. Пользователь задает параметры этому эллипсоиду основываясь на плотности опробования площади и характере распределения содержаний который зависит от геологического строения месторождения.

Геостатистический метод (кригинг) основан на математическом изучении характера изменчивости путем построения вариограмм. Таким образом, для интерполяции запасов кригингом необходимо для начала выяснить существует ли на изучаемом месторождении этот математический закон (случайная функция). Для обнаружения функции изучается изменчивость содержаний полезного ископаемого по трем направлениям осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в зависимости от расстояния. Полученный случайный закон используется при интерполяции.

Для построения блочной модели Западного участка Бакчарского железорудного узла и ее интерполяции были использованы такие же

параметры, как и для построения каркасной модели и два варианта аналитики ИСП-АЭС и РФА.

Важным показателем возможности использования кригинга является одномодальное распределение полезного компонента в пробах. На рисунке 7.4 представлена гистограмма распределения содержаний Fe в пробах.

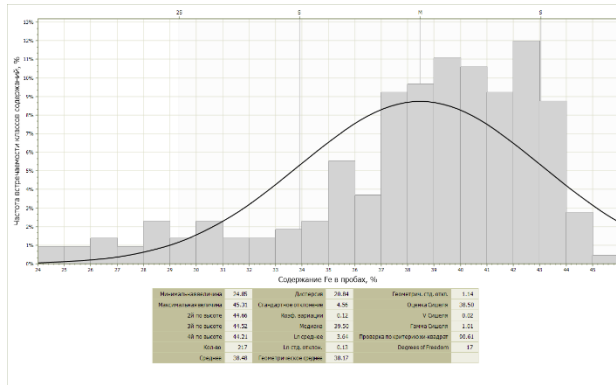


Рисунок 7.4. Гистограмма распределения Fe рудных телх Б1+Б2.

Далее анализировался пространственный закон распределения полезного ископаемого путем построения вариограмм. Азимут простирания для главной оси составил 131 и 145 для тел Б1 и Б2 соответственно, аналогичные азимуты вариограмм характерны для варианта РФА. Вариограммы представлены на

рисунке 7.5, 7.6

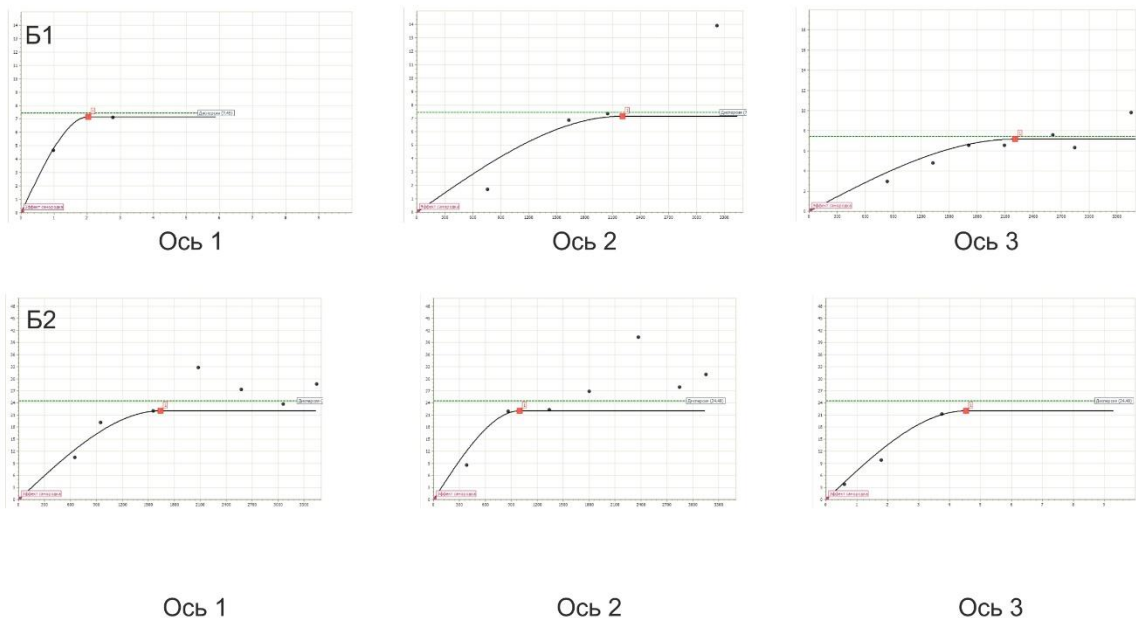


Рисунок 7.5. Вариограммы для рудных тел Б1 и Б2 по осям x,y,z для варианта ИСП-АЭС+РФА.

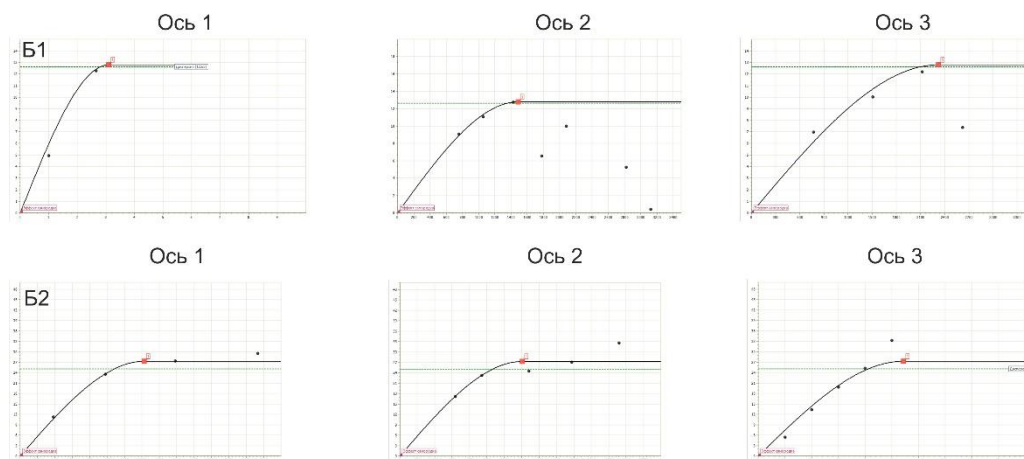


Рисунок 7.6. Вариограммы для рудных тел Б1 и Б2 по осям x, y, z для варианта РФА.

Полученный порог вариограмм используется как фактор эллипсоида поиска, а азимут простирания вариограммы как азимут простирания эллипсоида (таблица 7.6).

Таблица 7.6. Параметры эллипсоидов поиска для варианта ИСП+РФА.

<b>Б1</b>			
<b>Оси</b>	<b>Фактор</b>	<b>Азимут</b>	<b>Падение</b>
<b>1</b>	2027	131	0
<b>2</b>	2227	221	-0,5
<b>3</b>	2,03	221	89,5
<b>Б2</b>			
<b>1</b>	966	145	0
<b>2</b>	1641	235	-0,5
<b>3</b>	4.53	235	89,5

Таблица 7.7. Параметры эллипсоида поиска для варианта РФА.

<b>Б1</b>			
<b>Оси</b>	<b>Фактор</b>	<b>Азимут</b>	<b>Падение</b>
<b>1</b>	2322	133	0
<b>2</b>	1488	220	-0,5
<b>3</b>	2	220	89,5
<b>Б1</b>			
<b>1</b>	1426	140	0
<b>2</b>	1407	230	-0,5
<b>3</b>	5	230	89,5

Полученные вариограммы и настроенные эллипсоиды использовались для интерполяции запасов. Интерполированные модели представлены на рисунка 7.8 и 7.9.

Результаты подсчета запасов по блочным моделям представлены в таблице 7.10.

Таблица 7.10. Результаты подсчета запасов по блочным моделям рудных тел С2-Б1 и Р1-Б1 по вариантам аналитики ИСП+РФА и РФА.

<b>Рудное тело</b>	<b>Объем, тыс.м3</b>	<b>Рудная масса, тыс.т</b>	<b>Объемный вес, т/м3</b>	<b>Среднее содержание Fe</b>	<b>Запасы, тыс.т</b>
<b>Вариант ИСП+РФА</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 651	49 562	2,4	40,89	20 263
<b>С2-Б2</b>	46 440	88 236	1,9	35,01	30 894
<b>Вариант РФА</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 382	48 917	2,4	39,37	19 260
<b>С2-Б2</b>	46 542	88 430	1,9	34,28	30 313

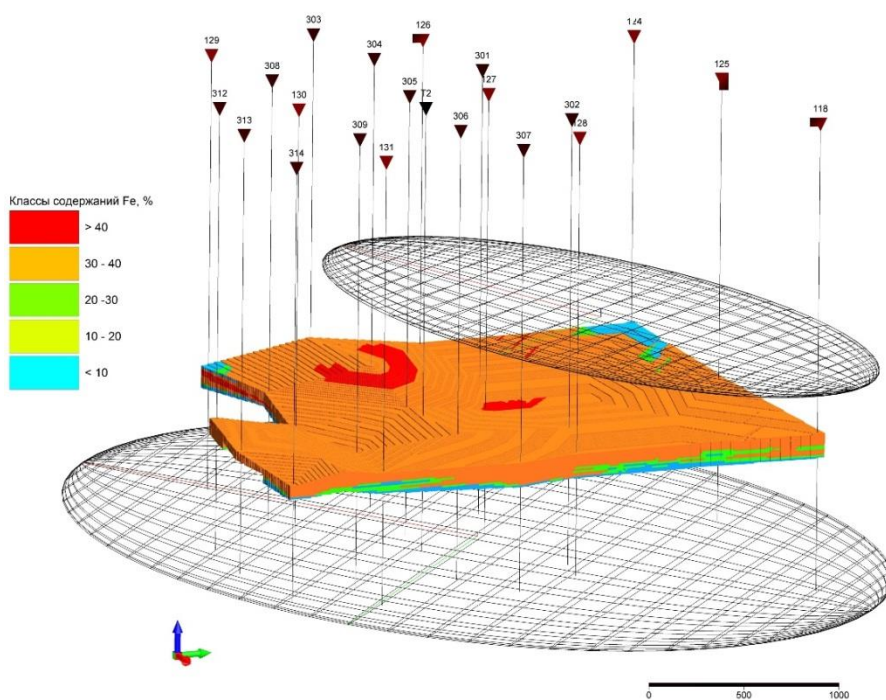


Рисунок 7.8. Интерполированная блочная модель рудных тел Б1 и Б2 по варианту аналитики ИСП+РФА.

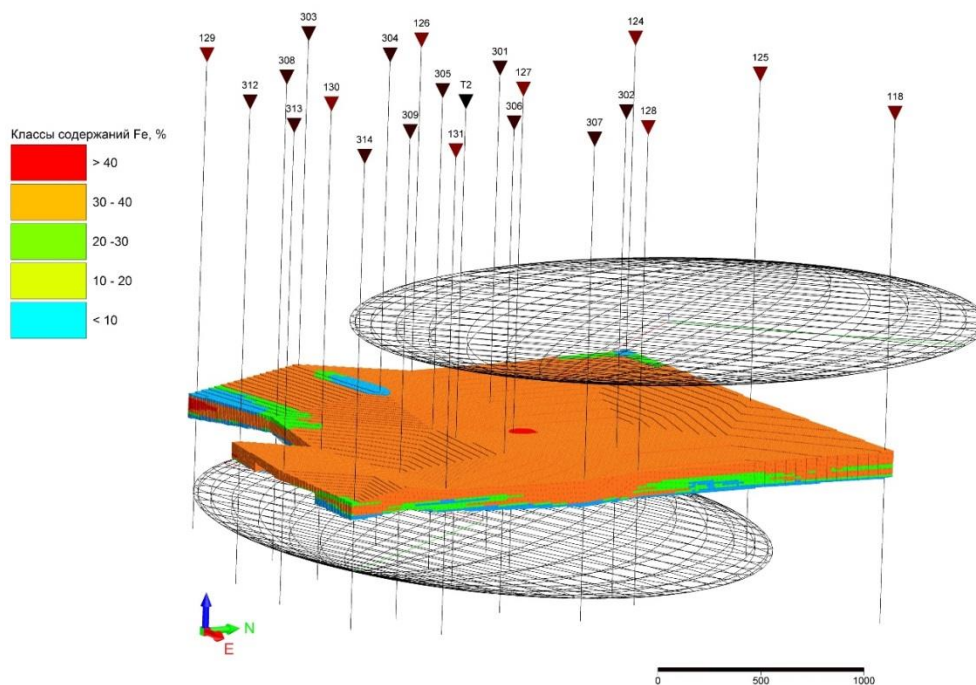


Рисунок 7.9 Интерполированная блочная модель рудных тел Б1 и Б2 по варианту аналитики РФА.



Преимуществами подсчета запасов методом блочного моделирования является более высокая точность подсчета, а также возможность визуализации запасов. Основным недостатком следует считать отсутствие общепринятой методики проверки правильности построенной модели. Существуют два метода проверки: сравнение количества запасов с другими методами подсчета (разница не должны превышать 10%) и визуальный метод оценки интерполяции на разрезах (рисунки 7.11 и 7.12). Сравнение по методам подсчета представлено в таблице 7.10, результаты удовлетворяют принятым условиям.

Таблица 7.10 Сравнение результатов подсчета запасов по разным методам подсчета и по двум вариантам аналитики.

Рудное тело	Объем, тыс.м3	Рудная масса, тыс.т	Объемный вес, т/м3	Среднее содержание Fe, %	Запасы, тыс.т
<b>Метод геологических блоков (вариант ИСП-АЭС+РФА)</b>					
Р1-Б1	20 730	49 751	2,4	40,47	20 135
С2-Б2	46 462	88 279	1,9	37,53	33 128
<b>Метод блочного моделирования (вариант ИСП-АЭС+РФА)</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 651	49 562	2,4	40,89	20 263
<b>С2-Б2</b>	46 440	88 236	1,9	35,01	30 894
<b>Метод геологических блоков (РФА)</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 376	48 902	2,4	38,68	18 916
<b>С2-Б2</b>	46 478	88 309	1,9	36,47	32 204
<b>Метод блочного моделирования (вариант РФА)</b>					
<b>Р1-Б1</b>	20 382	48 917	2,4	39,37	19 260
<b>С2-Б2</b>	46 542	88 430	1,9	34,28	30 313

Также существенным недостатком блочных моделей является трудность ее графического представления. Для решения этой проблемы нами был разработан метод композитного моделирования, когда блоки модели выражаются в 2-D виде через суммарный метропроцент, описание этого метода не встречалось автором в методической литературе.

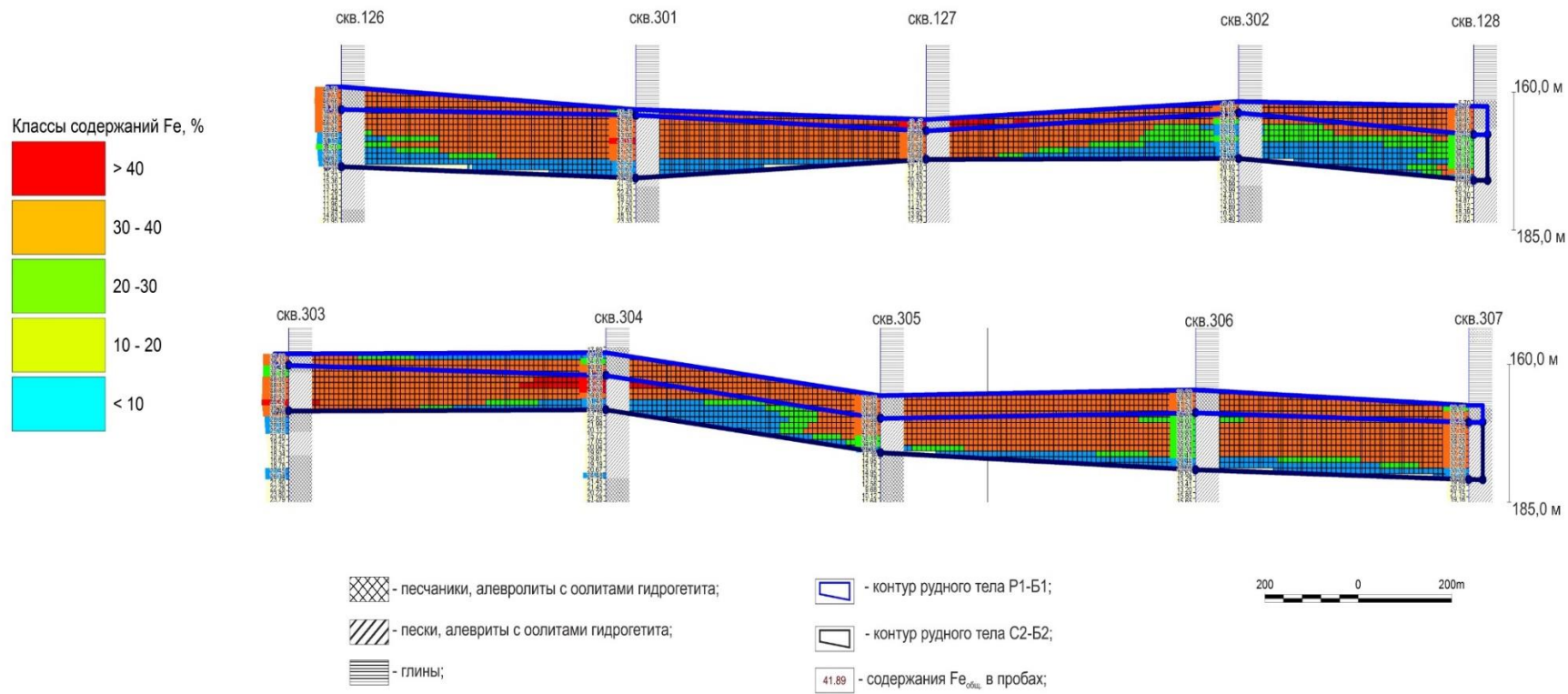


Рисунок 7.11 Разрезы с интерполированными средними содержаниями Fe<sub>общ</sub> по варианту аналитики ИСП-АЭС+РФА

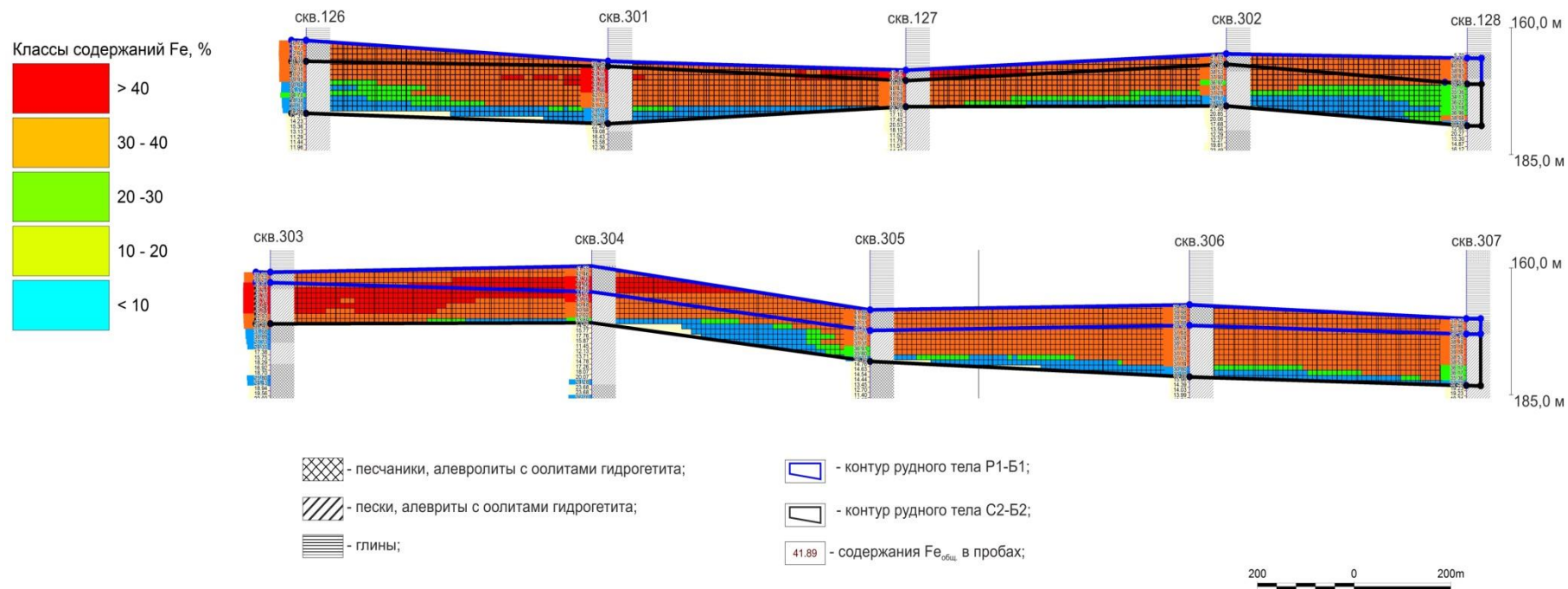


Рисунок 7.12. Разрезы с интерполированными запасами Fe<sub>общ</sub> по варианту аналитики РФА.

Суть метода заключается в том, что каждому блоку модели сообщается определенный индекс. Всем блокам находящимся в пространстве друг над другом (имеющих одинаковые координаты x,y центра блока) присваивается определенный индекс. Метропроцент блоков с одинаковыми индексами суммируется и далее выражается в виде GRID-модели. Данный способ представления 3-D моделей очень удобен для представления в презентациях. Также композитные модели можно применять как еще один способ проверки правильности построения блочной модели, сравнивая их с моделями построенными по метропроценту рудных интервалов в скважинах. Композитные модели рудных тел Б1 и Б2 представлены на рисунках 7.13 и 7.14.

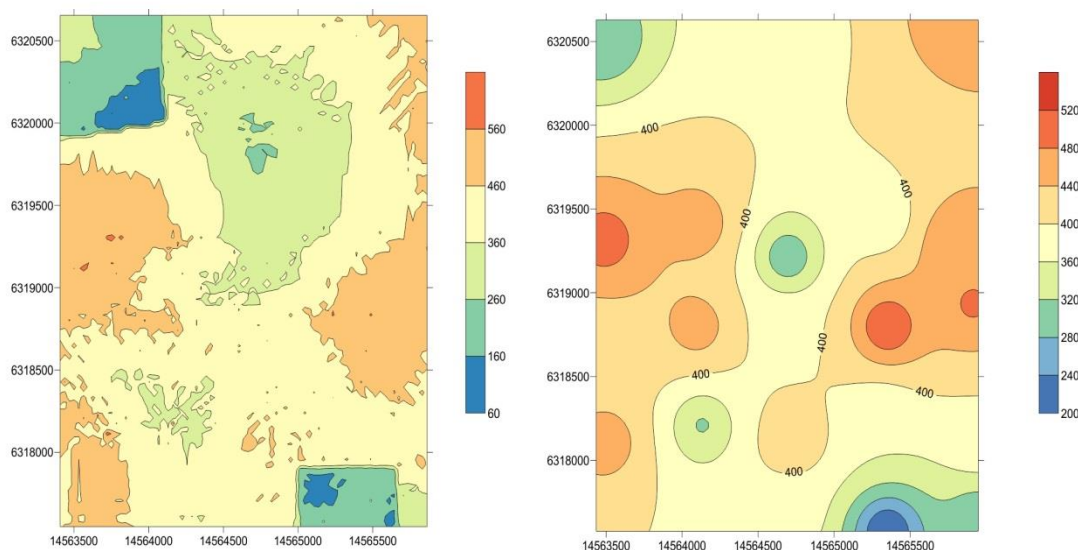


Рисунок 7.13. Композитная модель рудных тел Б1 и Б2 выраженная в суммарном метропроценте по варианту аналитики ИСП-АЭС+РФА (слева) и интерполированные значения метропроцента рудных тел в скважинах (справа).

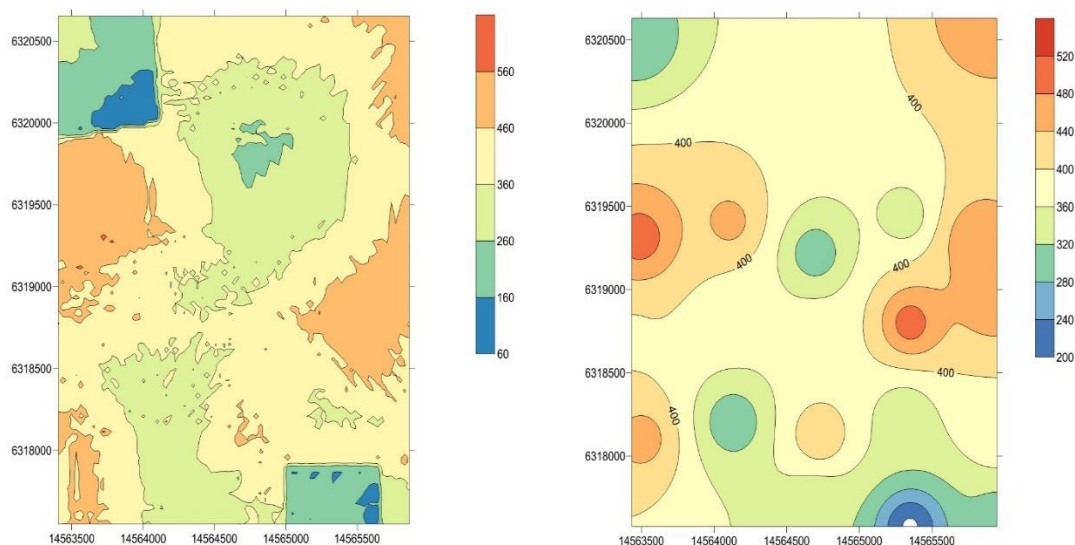


Рисунок 7.14. Композитная модель рудных тел Б1 и Б2 выраженная в суммарном метропроценте по варианту аналитики РФА (слева) и интерполированные значения метропроцента рудных тел в скважинах (справа).

По проделанной работе можно сделать ряд выводов. Во первых вариант аналитики РФА по запасам отличается от варианта ИСП-АЭС+РФА на 6 и 2,7% для рудных тел Б1 и Б2 соответственно. Для гигантских ресурсов Бакчарского железорудного такие различия можно считать незначительными. Метод блочного моделирования обеспечивает более точный подсчет запасов. Геостатистический метод интерполяции возможен на объектах Бакчарского железорудного узла.

### **7.3 Обоснование необходимой плотности бурения порогом влияния вариограмм.**

Группа сложности геологического строения Бакчарского железорудного узла была опеределная предшественниками как вторая. Однако, после проведения поисково-оценочных работ на участке Западный Бакчарского железорудного узла не раз обсуждался вопрос о том, является ли фактическая плотность разведочной сети (600х600м) необходимой. В методических

рекомендациях ГКЗ рекомендуемая плотность разведочной сети на железорудных месторождениях 2 группы сложности для категории подсчета запасов С2 составляет от 800 до 1200 м и в некоторых случаях до 2400 м.

Изученная вариативность содержаний железа в пробах при геостатическом методе интерполяции может использоваться для определения оптимальной плотности разведочной сети таблица 7.14.

Таблица 7.15. Параметры вариации содержаний Fe на Западном участке Бакчарского рудного узла.

<b>Б1</b>			
<b>Оси</b>	<b>Фактор</b>	<b>Азимут</b>	<b>Падение</b>
<b>1</b>	2027	131	0
<b>2</b>	2227	221	-0,5
<b>3</b>	2,03	221	89,5
<b>Б2</b>			
<b>1</b>	966	145	0
<b>2</b>	1641	235	-0,5
<b>3</b>	4.53	235	89,5

Параметр «фактор» из таблицы может служить оптимальным расстоянием между скважинами по заданному азимуту. Таким образом, для рыхлых руд оптимальная сеть может составлять 1000м между скважинами. Разведочные профили необходимо располагать по азимуту 145° с расстоянием между профилями в 1600м.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы было изучено геологическое строение Западного участка Бакчарского железорудного узла, вещественный состав железорудной и редкоземельной минерализации, был произведен подсчет запасов различными методами и в двух вариантах аналитики.

По результатам проделанной работы можно сделать ряд выводов:

- бакчарские руды характеризуются повышенными содержаниями редких элементов, однако они вероятнее всего не имеют промышленного значения и могут выступать в качестве природно-легирующих примесей;
- бакчарские руды характеризуются большим количеством фосфора, содержание которого превышает принятые в промышленности кондиционные показатели в среднем более чем в два раза;
- применение данных плотностного гамма-гамма каротажа на участке Западный невозможно без проведения дополнительного крупнообъемного инженерно-геологического опробования;
- применение данных рентгено-флуоресцентного анализа представляется обоснованно возможным, такой вариант аналитики не оказывает особого негативного влияния на достоверность подсчета запасов;
- в рудах Западного участка отсутствуют в повышенных содержаниях драгоценные металлы и радиоактивные элементы;
- руды Западного участка не характеризуются повышенными содержаниями мышьяка и серы;
- на участке западный возможно применение геостатистических методов подсчета запасов.

### Список использованных источников

1. Сиников В.И. Геолого-промышленные типы рудных месторождений. – СПб.: Недра, 1994. – 248 с.
2. Паровинчак М.С. и др. Оценка Бакcharского железорудного проявления для отработки методом СГД. Т1., 2007. – 174 с.
3. Асочакова Е.М., Коноваленко С.И. Геохимические особенности железных руд Бакcharского месторождения (Западная Сибирь). // Вестник Томского государственного университета №305. 2007 с.219-222
4. Паровинчак М.С. Оценка Бакcharского железорудного проявления для отработки методом СГД/ Книга 3. Отчет СНИИГГиМСа. Лабораторные исследования керна. – 2007. - 63 с.
5. Шор Г.М. и др. Нетрадиционное гидрогенное оруденение металлов платиновой группы в чехле Западно-Сибирской плиты. // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов. – М: ЗАО «Геоинформарк». – 1995.-Т.2 – Кн.2 с. 89-92.
6. Пшеничкин А.Я., В.А. Домаренко. Петрографо-геохимические особенности руд Бакcharского месторождения. // Вестник науки Сибири. №1(1). – 2011. с. 13-18.
7. Рудмин М.А., Бушманов А.И. Редкоземельные фосфаты в осадочных железных рудах Бакcharского рудопроявления (Томская область). Современные проблемы науки и образования. №1 2015г. 8с.
8. Перегудина Е.В., Домаренко В.А. Редкие и радиоактивные элементы в железных рудах Бакcharского узла и прогнозная оценка воздействия на экосистему восточного Васюганья при их отработке. // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы V Международной конференции. – 2016 г. с.513-517.
9. Афонин В. П. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ горных пород и минералов; — Новосибирск: Наука, 1977. — 260 с.



