

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Геология месторождений стратегических металлов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Геолого-структурная позиция, вещественный состав руд Воронцовской зоны и перспективы золотоносности.

УДК 553.411(470.54)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Гриков Андрей Владимирович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З. В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 05.04.01)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Выпускник готов применять глубокие базовые и специальные естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач обеспечения минерально-сырьевой базы и рационального природопользования
P2	Выпускник способен выполнить подсчет запасов и оценку ресурсов, провести поиск и подбор максимально рентабельных технологий добычи, схем вскрытия руды на месторождениях. Способен, выполнять моделирование для оценки достоверности запасов и выбора кондиционных параметров, разработать ТЭО кондиций для участков выборочной детализации.
P3	Может 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
P4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРП, технико-технологические решения, вести поиск новых технологий добычи и переработки руд. Может самостоятельно выполнять лабораторные и экспериментальные геолого-минералого-геохимические исследования с использованием современных компьютерных технологий.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P5	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.
P6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.
P7	Способен 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
P8	Активно владеет иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.
P9	Способен самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Геология месторождений стратегических металлов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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
2ЛМ71	Грикову Андрею Владимировичу

Тема работы:

Геолого-структурная позиция, вещественный состав руд Воронцовской зоны и перспективы золотоносности.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>Для изучения отобрано 8 сколковых проб из рудовмещающих вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород Воронцовской рудной зоны. Помимо имеющихся фондовых материалов, произведен подбор опубликованной литературы необходимый для написания данной работы.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>Физико-географическая характеристика района; характеристика месторождения; выделение и изучение минералого- геохимических особенностей руд и вмещающих пород Воронцовской рудной зоны; анализ геологического строения и закономерностей локализации золотого оруденения Воронцовской зоны; описание геодинамической модели месторождения; анализ перспектив расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Приложение Б карта распределения запасов золота по субъектам РФ Приложение В геолого-структурная карта Воронцовской золотоносной зоны, включая геологические разрезы и стратиграфическую колонку исследуемого объекта (Масштаб 1:25 000)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Щеголихина Юлия Викторовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Гриков Андрей Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ71	Грикову Андрею Владимировичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.01 Геологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): <i>материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>При изготовлении шлифов</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>ССН-92; СНОР-93; ВПСН</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Налоговый кодекс Российской Федерации</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	<i>Расчет стоимости ОЗП, отчислений на соц. нужды, амортизации, материалов</i>
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	<i>Составление сметной стоимости изготовлению шлифов</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	<i>Обоснование необходимости изготовления шлифов и их описания</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Гриков Андрей Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ71	Грикову Андрею Владимировичу

Школа	природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.01.Геология месторождений стратегических металлов

Тема ВКР:

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Выделение и изучение минералогическо-геохимических особенностей руд и вмещающих пород Воронцовской рудной зоны; анализ геологического строения и закономерностей локализации золотого оруденения Воронцовской зоны; описание геодинамической модели месторождения; анализ перспектив расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Обеспечение безопасности на рабочем месте; -Режим труда и отдыха при работе с ПК
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	Вредные факторы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение параметров микроклимата в помещении; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Степень нервно-эмоционального напряжения монотонный режим работы. 4. Производственный шум; 5. Электромагнитное излучение. Опасные факторы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрический ток; 2. Пожарная опасность.
3. Экологическая безопасность:	Правила утилизации ПК
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Существует ряд действий в случае возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В

	помещении имеется огнетушитель и разработан план эвакуации.
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Гриков Андрей Владимирович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.01 Геология месторождений стратегических металлов

Уровень образования магистратура

Отделение школы Отделение геологии

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

Дата контроля	Название раздела / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
	<i>Вводная часть</i>	
	<i>Основные черты геологического строения Воронцовской рудной зоны</i>	
	<i>Вещественный состав руд Воронцовской рудной зоны</i>	
	<i>Финансовый менеджмент</i>	
	<i>Социальная ответственность</i>	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

Консультант по ФМ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына З.В.	К.Т.Н		

Консультант по СО

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 172 страницы, 43 рисунка, 29 таблиц, 42 источника, 4 приложения.

Ключевые слова:

Ресурсы, геолого-структурная позиция, геодинамическая модель, джаспероиды, минерально-сырьевая база, зональность, локализация.

Цель работы - изучение минералого-геохимических особенностей руд Воронцовской зоны; анализ геологического строения и закономерностей локализации золотого оруденения Воронцовской рудной зоны; описание геодинамической модели месторождения; анализ перспектив расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.

В процессе исследования проводилось: изучение вещественного состава руд и их петрографический анализ, анализ геологических, геофизических и геодинамических условий объекта. Оценены перспективы изучаемой площади на предмет расширения минерально-сырьевой базы.

Область применения: результаты проведенного исследования могут быть использованы для оценки целесообразности проектирования различных стадий геологоразведочных работ на изучаемой площади.

Оглавление

Введение	12
1. Общие сведения	14
1.1. Минерально-сырьевая база золота РФ и перспективы ее расширения... 14	
1.2. Золоторудные месторождения Урала и их геодинамические позиции... 20	
1.3. История открытия, разведки и эксплуатации Воронцовского месторождения. 23	
2. Геолого-структурная позиция Воронцовской рудной зоны	30
2.1. Стратиграфия..... 30	
2.2. Магматизм	42
2.3. Тектоника..... 47	
2.4. История геологического развития и геодинамическая модель Воронцовского золоторудного месторождения	54
2.4.1. История геологического развития..... 54	
2.4.2. Региональная геологическая позиция	55
2.4.3. Воронцовское золоторудное месторождение, как месторождение активной континентальной окраины. 61	
2.5. Геоморфология..... 69	
2.6. Гидрогеология	71
3. Вещественный состав руд Воронцовского месторождения	74
3.1. Гипогенные руды месторождения	74
3.1.1. Вкрапленные золото-магнетит-сульфидные руды в известковых скарнах..... 75	
3.1.2. Вкрапленные золото-полиметаллические руды в джаспероидах 75	
3.1.3. Тонковкрапленные золото-пирит-арсенопиритовые руды в туфопесчаниках и туфоалевролитах	77
3.1.4. Тонковкрапленные золото-пирит-реальгаровые руды в карбонатных брекчиях	77
3.1.5. Золото-сульфидно-глинистые руды в аргиллизитах	79
3.2. Золото-оксидно-глинистые руды зоны гипергенеза	80
3.3. Минеральные ассоциации гипогенных руд..... 83	
4. Зональность основной и сопутствующей минерализации Воронцовской рудной зоны на примере участка Пещерный	90
5. Перспективы расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла. 107	

6. Закономерности формирования и локализации золотого оруденения Воронцовского типа.....	109
6.1. Характеристика золоторудных месторождений типа Карлин.....	109
6.2. Брекчии известняка признак оруденения воронцовского типа.....	119
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	124
8. Социальная ответственность.....	132
8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	133
8.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	133
8.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	133
8.2. Производственная безопасность.....	134
8.2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения и обоснование мероприятий по снижению воздействия.....	134
8.2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения и обоснование мероприятий по снижению воздействия.....	140
8.3. Экологическая безопасность.....	143
8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	144
Заключение.....	147
Список использованной литературы.....	149
Приложение А.....	153
Приложение Б.....	170
Приложение В.....	171
Приложение Г.....	172

Введение

Актуальность исследований – актуальность данной работы обусловлена высоким потенциалом изучаемой площади, и большой промышленной значимостью Воронцовского золоторудного месторождения как уникального по своей геолого-структурной позиции и геодинамической модели представителя месторождений Карлинского типа в России. Практический интерес исследования заключается в изучении характеристик Воронцовского месторождения для последующего прогнозирования перспективности Воронцовской золоторудной зоны на предмет пополнения минерально-сырьевой базы.

Цель и задачи исследований – основополагающей целью данной работы является детальный анализ геолого-структурной позиции, изучение вещественного состава руд и описание геодинамической модели месторождения Воронцовское. Также с целью расширения географии исследования к исполнению принят ряд следующих задач: составление геолого-структурной карты в цифровом виде на основании фондовых материалов прошлых лет с авторскими доработками, изучение зональности основной и сопутствующей минерализации Воронцовской рудной зоны на примере участка Пещерный, оценка перспектив расширения минерально-сырьевой базы изучаемой площади.

Краткий обзор состояния изученности темы. Широко известный в мировой литературе “карлинский” (невадийский) золото-ртутно-мышьяковый тип месторождений является одним из ведущих в мире, как по запасам золота, так и по количеству разрабатываемых объектов. Характерными особенностями золотого оруденения данного типа являются: приуроченность к фронтальным частям крупных надвигов среди карбонатных и кремнисто-карбонатных пород, часто углеродистых, наличие золото-сульфидной минерализации, представленной тонкозернистыми сульфидами с субмикронным или изоморфным золотом, золото-ртутно-таллиево-мышьяковый геохимический спектр руд, аргиллизитовый и джаспероидный типы околорудного метасоматоза. Основная часть оруденения карлинского типа и, прежде всего, типового объекта

– месторождения Карлин, расположена на территории США (Карлин, Кортец, Гетчелл, Белл, Ноксвилл, Нью-Идрия), где оно сформировано в условиях пассивной окраины континента. Они известны также в Канаде, Китае, Перу, Югославии, Австралии, Филиппинах, Греции, Турции и других странах, в том числе и в России (Кючюс, Мурзинское, Тас-Юрях).

В 1985 г. на Урале было открыто Воронцовское месторождение, которое по приуроченности вкрапленного золото-сульфидного оруденения в карбонатных породах и ряду минералого-геохимических характеристик отвечает карлинскому типу. Научный и практический интерес к этому месторождению связан с тем, оно явилось первым и пока единственным объектом карлинского типа на Урале, а также локализацией его в условиях активной окраины континента в краевой части Ауэрбаховского андезитоидного вулканоплутонического комплекса девонского возраста. [1]

Научная новизна результатов исследований:

- Проведена аналитика и обобщение ранее проведенных исследований.
- Изучена зональность основной и сопутствующей минерализации Воронцовской рудной зоны (включая минералого-петрографическая и петро-геохимическая характеристику каменного материала, отобранного на территории изучаемой площади).
- Произведено сопоставление оруденения Воронцовского типа с месторождением Карлин.
- Составлена геолого-структурная карта Воронцовской рудной зоны в цифровом формате.

1. Общие сведения

1.1. Минерально-сырьевая база золота РФ и перспективы ее расширения

По запасам золота Российская Федерация занимает второе место в мире, уступая ЮАР. Основные месторождения золота и золотоносные металлогенические провинции расположены в Сибирском, Уральском и Дальневосточном федеральных округах (прил. Б). По состоянию на 01.01.2017 г. балансовые запасы образуют золоторудные собственные (67%), комплексные (25%) и россыпные (8%) месторождения. Большая часть запасов входят в распределенный фонд. В свою очередь, для запасов категории АВС₁ россыпных месторождений нераспределенными остаются порядка 50%. (табл. 1). Малорентабельные или нерентабельные россыпные месторождения являются не востребованными в силу следующих обстоятельств: низкое содержание золота; сложные условия разработки, к которым следует отнести высокую обводненность, мощность перекрывающих отложений, неблагоприятные климатические условия.

Значительны прогнозные ресурсы золота (порядка 40, 39 тыс. тонн), но малодостоверны ресурсы категории P_3 (около 25 тыс. тонн), что в свою очередь составляет 61,38 % прогнозных ресурсов. (табл.1). С учетом этого, как будет приведено далее, прогнозные ресурсы не могут обеспечить достаточное воспроизводство запасов золота как длительной перспективы.

Значительный рост запасов собственных золоторудных месторождений в Российской Федерации с 2004 года обусловлен за счет доразведки «старых» объектов и разведки «новых» объектов. «Старые» объекты – запасы, ранее учтенные в балансе; «новые» - впервые поставленные на баланс. Значительный прирост прослеживается в 2006 и 2007 гг. (таб. 2, прил. Б) обусловлено это переоценкой месторождений Сухой Лог и переоценкой и доразведкой Наталкинского месторождения. В 2009 г. прирост обусловлен доразведкой Неждановского, Тасеевского, Олимпиадинского, Бамского месторождений. Увеличение балансовых запасов в 2015 г. и 2016 г. обусловлено за счет

Олимпиадинского и Вернинского месторождений. Учитывая, что ряд месторождений известны с советского времени, лишь начиная с 2007 г. запасы поставлены на баланс (прил. Б).

Таблица 1 – Состояние минерально-сырьевой базы золота РФ на 01.01.2017 года [2]

Запасы, тыс. т			
Категории (количество месторождений):	ABC	C₂	ABC₁+C₂
Золоторудные собственные (383)	5,502	4261	9,763
Россыпные (5340)	1,029	0,159	1,189
Комплексные (медные, никелевые и др. - 171)	2,050	1,539	3,589
Общие (5894)	8,581	5,960	14,541
Распределенный фонд запасов, %			
Золоторудные собственные	61,1	74,5	67,0*
Россыпные	50,7	63,7	52,3
Комплексные	93,4	86,7	90,6
Всего	68,0	77,6	71,9
Прогнозные ресурсы, тыс. т			
Категории:	P₁	P₂	P₃
Золоторудные собственные (1117)	5,2	10,4	24,79
Россыпные	0,7	0,6	0,15
Общие	5,9	11,0	24,93

Примечание. * - без учета месторождения Сухой Лог (с его учетом: $A + B + C - 88,5\%$, $C_2 - 88,9\%$, $A + B + C_1 + C_2 - 88,7\%$); место по запасам в мире - второе (после ЮАР).

С 2009 г. рост балансовых запасов обусловлен увеличением запасов категории C_2 , в свою очередь, запасы промышленной категории ABC_1 – сохраняются на одном уровне. Рост балансовых запасов промышленной категории ABC_1 прослеживается лишь в 2015 и 2016 г.г. и обусловлен доразведкой Олимпиадинского и Вернинского месторождений (прил. Б).

Балансовые запасы золота в комплексных месторождениях отражают аналогичную динамику (рис. 1.1), с 2011 г. общий рост балансовых запасов обусловлен увеличением запасов категории C_2 , в свою очередь, запасы промышленной категории ABC_1 снижаются. Увеличение балансовых запасов обусловлено разведкой комплексных рудных месторождений: золото-медно-порфировых – Малмыжского, Песчанки, Иканского, Томинского; золото-уранового Эльканского месторождения (с учетом Южного участка) (прил. Б). Хотелось бы отметить, что данные комплексные рудные месторождения не являются новыми, лишь Малмыжское, в некоторой степени является новым,

ранее изучаемое как золоторудный объект. Ю.П. Змеевский в 1989 г. уже прогнозировал выявление золото-медно-порфировых запасов на Малмыжском месторождении.

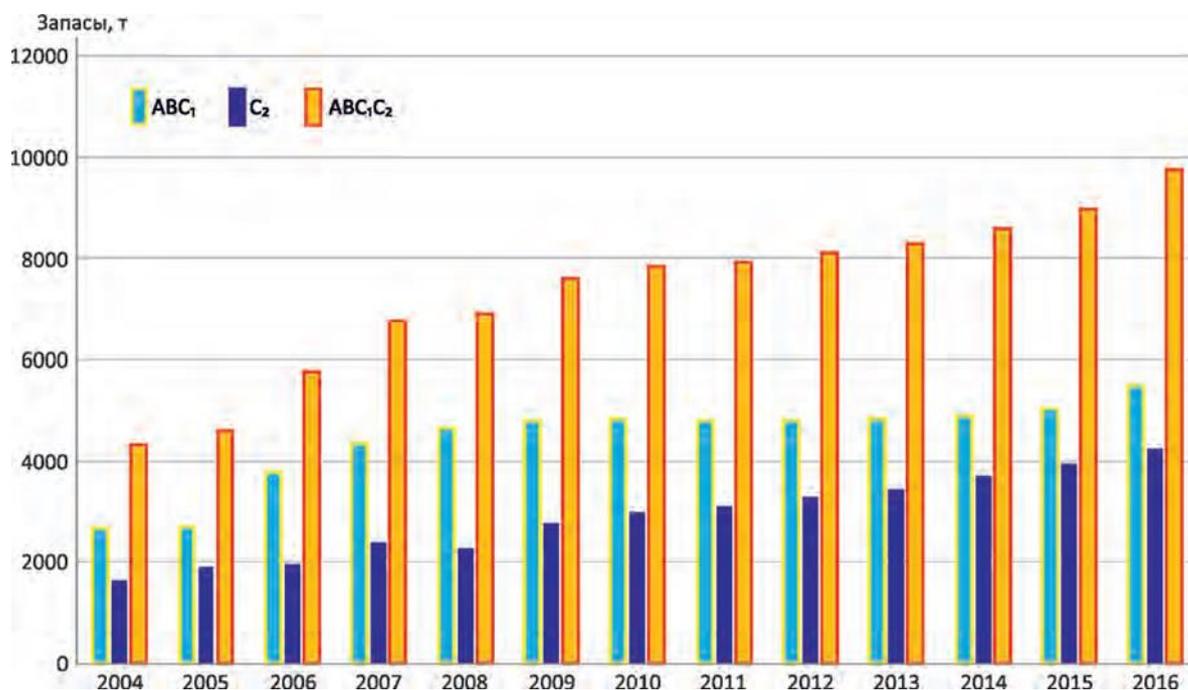


Рисунок 1.1 – Запасы золота собственных золоторудных месторождений РФ [2]

В связи с непрерывным снижением запасов россыпного золота промышленной категории ABC_1 (рис. 1.2) и сохранение в дальнейшем этой тенденции, полностью будут исчерпаны к 2071 г. Запасы россыпного золота промышленной категории C_2 незначительно изменяются, что непосредственно связано с их относимостью в основном к объектам нераспределенного фонда; а также тем, что вновь разведанные запасы непромышленной категории C_2 подвергаются отработке в течение того же сезона и фактически не учитываются в балансе. С учетом этого, доля запасов россыпного золота от общих запасов невелика, по состоянию на 01.01.2017 г. – не более 8%. При анализе динамики минерально-сырьевой базы золота слабо заметно уменьшение запасов россыпных месторождений золота (рис. 1.3). Ранее уже отмечено, что увеличение минерально-сырьевой базы золота обусловлено в большей мере за счет непромышленной категории C_2 .

Кроме того, необходимо отметить, что с 2023 – 2025 гг. вероятно начало снижения производства золота из минеральных месторождений в РФ, даже не

смотря на прогнозируемое его увеличение в ближайшие годы за счет начала или усиления эксплуатационных работ, ориентировочно до 300 тонн, на ряде месторождений, таких как, Угахан, Олимпиадинское, Быстринское, Нежданинское, Наталкинское, Дrajное и другие. Данное снижение может быть несколько сглажено добычей месторождения Сухой Лог (согласно технико-экономическому обоснованию кондиций производства золота 50 тонн/год).

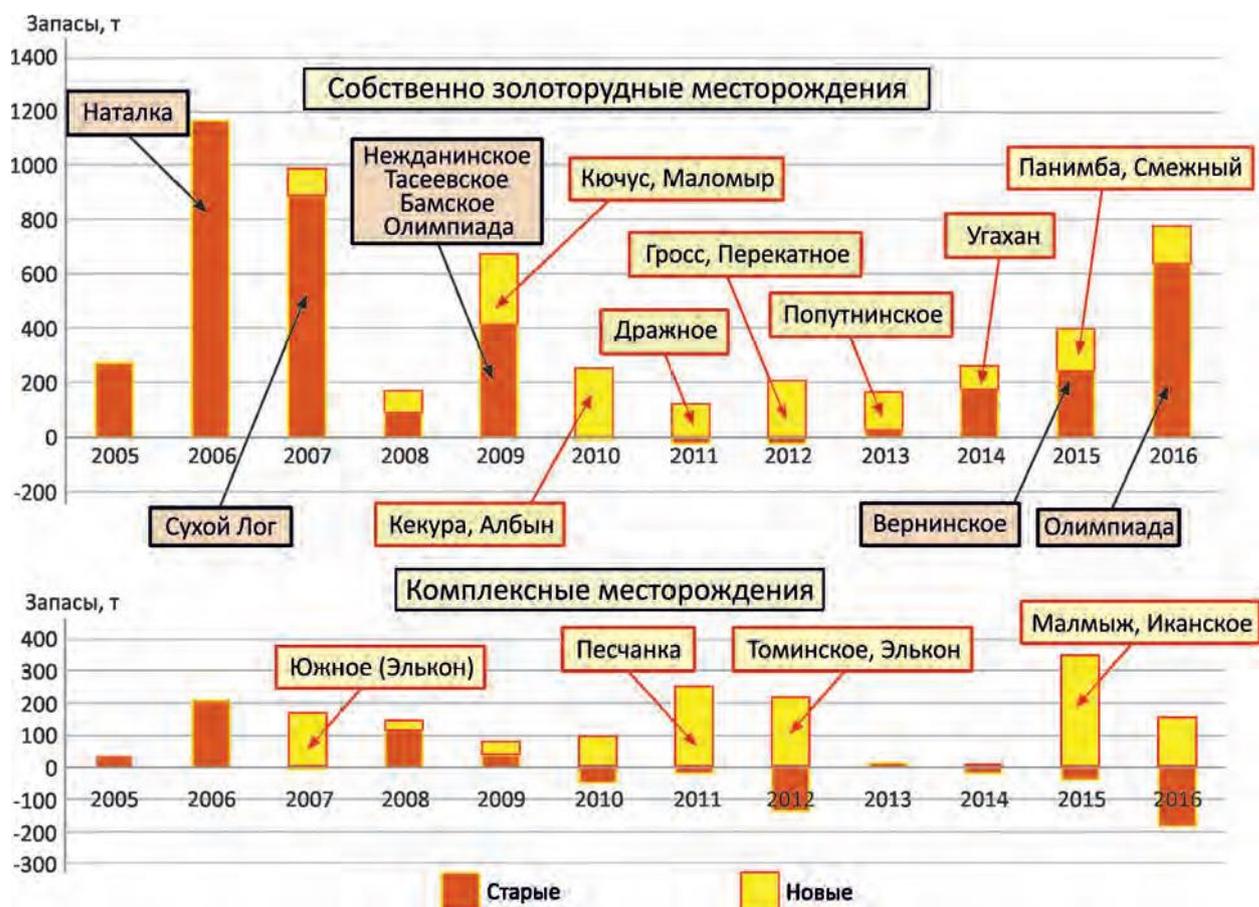


Рисунок 1.2 – Прирост суммарных запасов $ABC_1 + C_2$ по «новым» (впервые поставленным на баланс) и «старым» (доразведка) рудным месторождениям [2]

С целью изменения отрицательной динамики в производстве золота РФ необходимо проведение ряда мероприятий: выявление новых золоторудных объектов, посредством значительного увеличения работ ранних стадий; расширенной подготовки прогнозных ресурсов и далее балансовых запасов.

Минерально-сырьевая база золота будет увеличиваться новыми рудными и россыпными объектами за счет увеличения финансирования работ ранних стадий недропользователями, в связи с введением заявочного принципа

лицензирования площадей для проведения поисков и оценки месторождений.

Таблица 2 – Ежегодные приросты балансовых запасов золота в РФ и расчет средних ежегодных приростов по «старым» и «новым» месторождениям [2]

Годы	Приросты балансовых запасов золота								
	ABC ₁			C ₂			ABC ₁ +C ₂		
	Всего	«Старые»	«Новые»	Всего	«Старые»	«Новые»	Всего	«Старые»	«Новые»
2008	341,6	322,1	19,5	-49,2	-140,7	91,5	292,4	181,4	111
2009	97,6	-22,7	120,3	634,9	449,5	185,4	732,5	426,8	305,7
2010	23,8	-129,5	153,3	242,5	40,5	202	266,3	-89	355,3
2011	116	-82,7	198,7	187,7	8,7	179	303,7	-74	377,7
2012	-50,7	-98,1	47,4	291,5	-89,7	381,2	240,8	-187,8	428,6
2013	5,9	-30,7	36,6	161,9	44,9	117	167,8	14,2	153,6
2014	-47,1	-79,6	32,5	267,4	207	60,4	220,3	127,4	92,9
2015	153,4	23,4	130	533,2	151,9	381,3	686,6	175,3	511,3
Среднее количество ежегодных приростов	80,1	-12,2	92,3	263,5	84,0	199,7	363,8	71,8	292,0
Среднее количество ежегодных приростов производства золота с учетом сред. извл. 75,2%	60,2	-9,2	69,4	198,2	63,2	150,2	273,6	53,7	218,4

Принимая во внимание статистическую вероятность выявления месторождений на площадях с прогнозными ресурсами категории P_3 в пределах 16%, отметим, что проблемы подготовки достаточного количества объектов для поддержания производства золота на уровне 300 тонн/год не решит. По мнению авторов, одной из ведущих задач для решения этой проблемы является восполнение банка перспективных участков («поискового задела») для последующих работ недропользователей. Кроме того, затраты федерального бюджета на работы ранних стадий (прогнозно-минерагенические и поисковые) должны резко увеличиться (не менее чем на существующий уровень). [2]

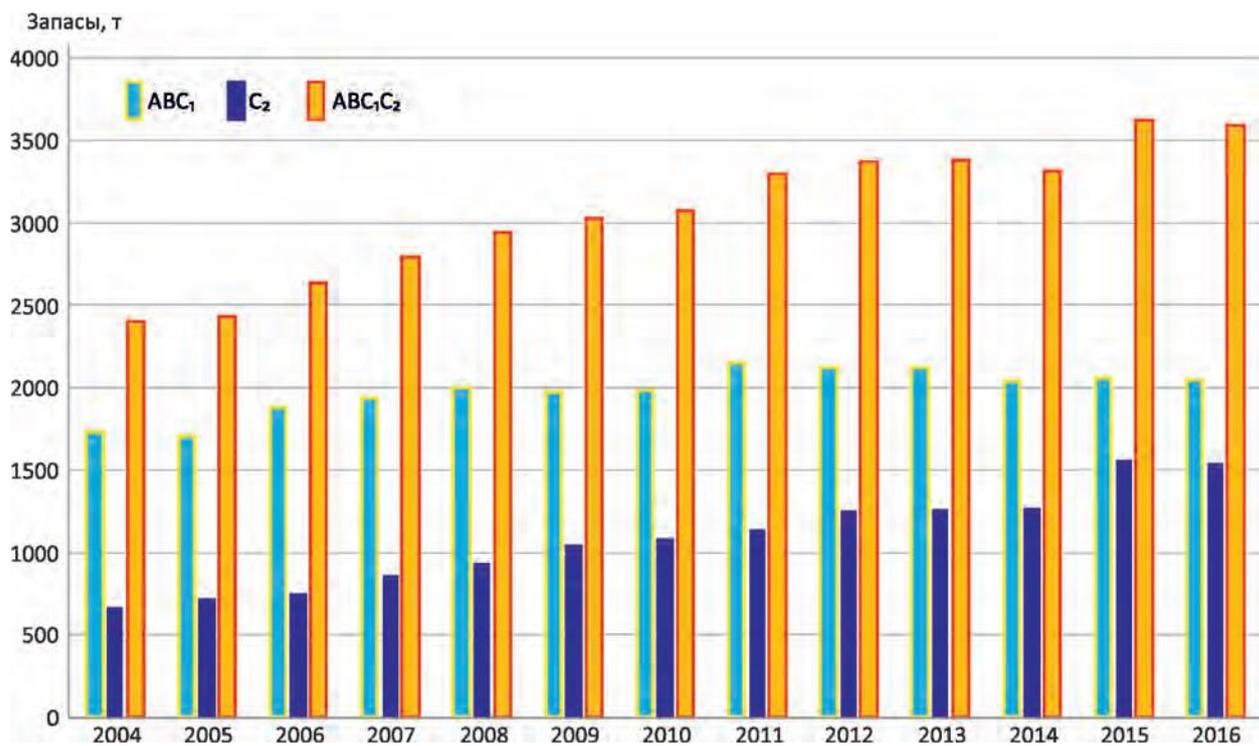


Рисунок 1.3 – Запасы золота комплексных золоторудных месторождений РФ. [2]

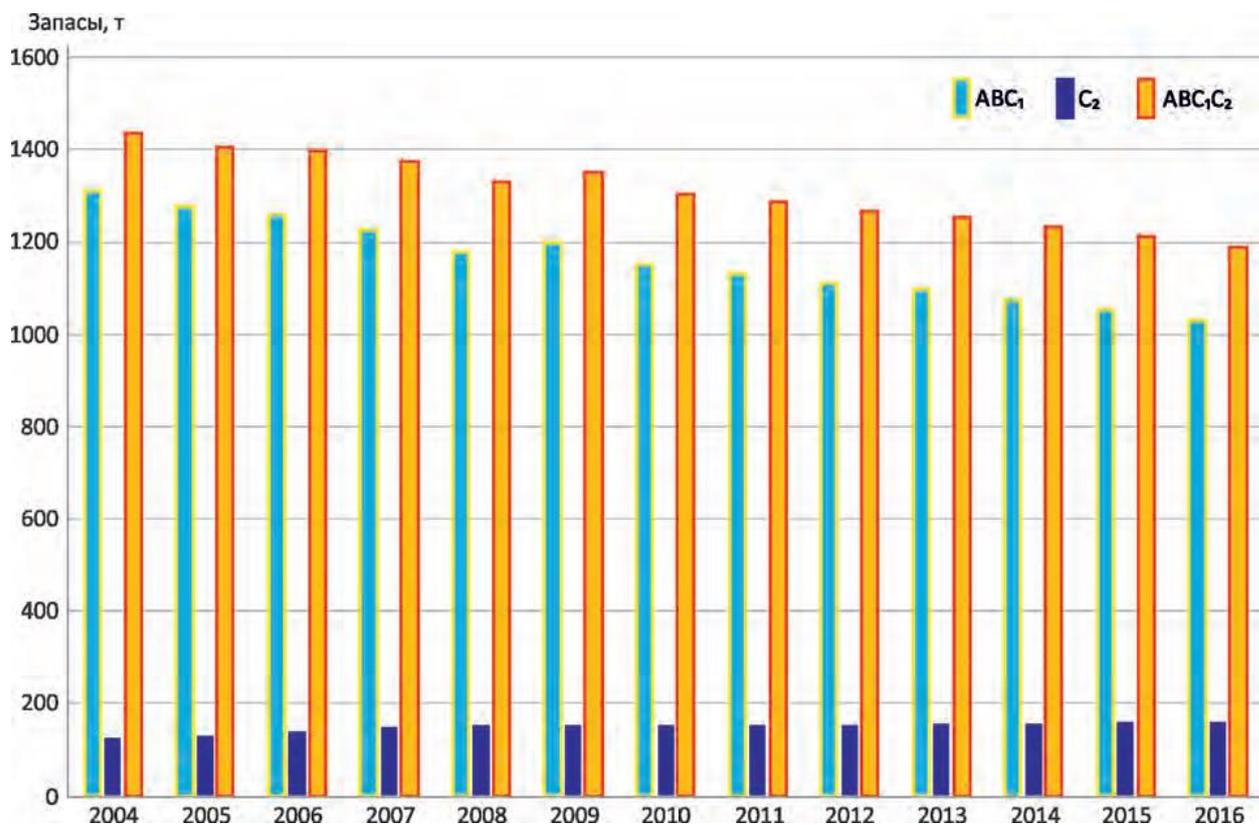


Рисунок 1.4 – Запасы золота россыпных месторождений РФ. [2]

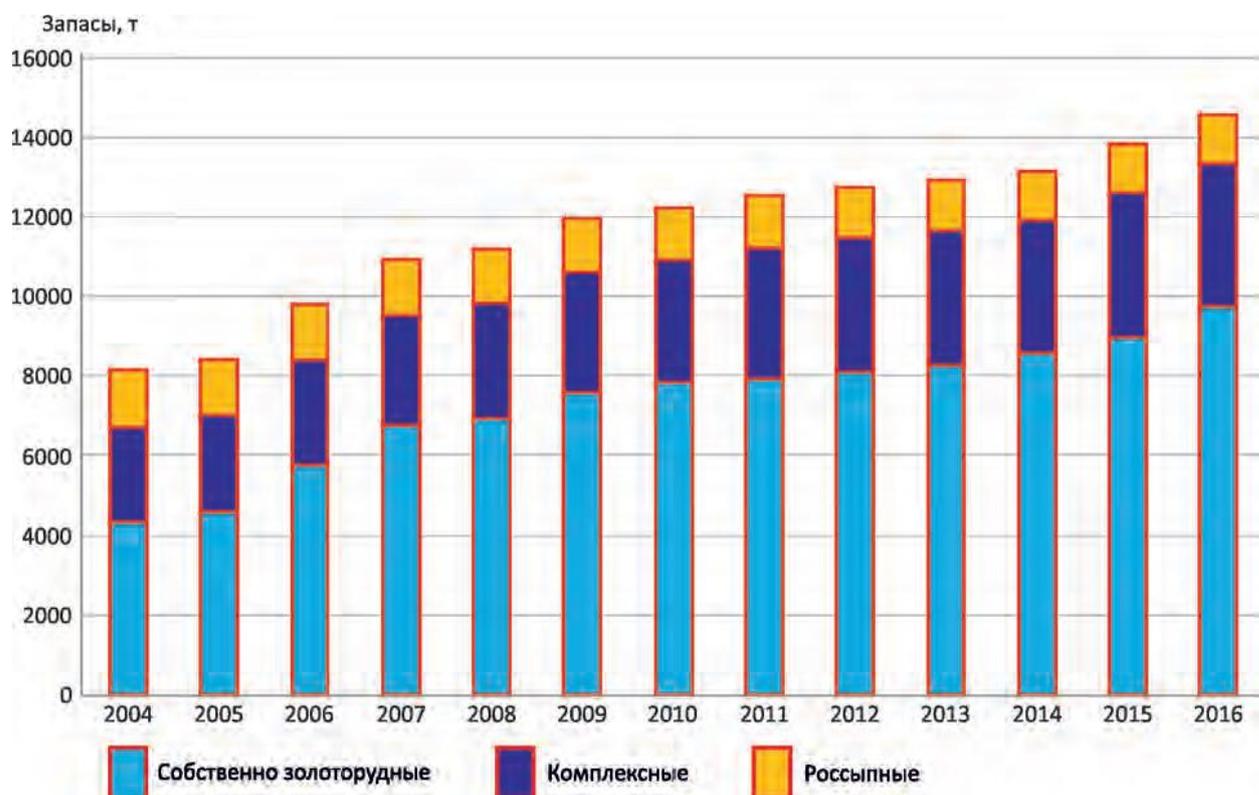


Рисунок 1.5 – Запасы ABC_1C_2 золота собственных золоторудных, комплексных и россыпных месторождений золота в РФ [2]

1.2. Золоторудные месторождения Урала и их геодинамические позиции

На территории рассматриваемого региона разведано двадцать два коренных золоторудных месторождений, 11 из которых эксплуатируемые ($CAu=1.9-6.4$ г/т), 4 – подготавливаемые к освоению ($5.2-7.2$ г/т), и 7 – находятся в госрезерве ($3.6-5.8$ г/т). По состоянию на 1 января 2011 года суммарные балансовые запасы золота Урала составляют 1850.5 т. Сырьевую базу рудного золота слагают запасы самого старого в России (260 лет) Березовского месторождения (запасы $B+C_1+C_2 = 91.2$ т) и длительно разрабатываемого Кочкарского (16.5), а также сравнительно недавно введенных в эксплуатацию, Светлинского (30.1), Воронцовского (33.4) Муртыкты и относительно небольших месторождений – Куросан, Кировское, Гагарское и др. (рис. 1.6). Крупные запасы попутного золота (~2/3 от суммарных) остались в рудах колчеданных месторождений – самые крупные (т): Гайское – 438.4, Юбилейное – 169, Подольское – 138. В течение XX века на Урале эксплуатировались (помимо россыпей) в основном традиционные кварцево-жильные (сопряжены с

раннеколлизионными гранитоидами тоналит-гранодиоритовой формации, в т. ч. крупные объекты – такие, как Березовское, Кочкарское) и золотосодержащие колчеданные месторождения. В последней декаде минувшего столетия в связи с внедрением метода кучного выщелачивания заметную долю в добыче стали играть золотоносные коры выветривания (Муртыкты, Светлинское, Воронцовское, Кировское, Западно-Озерное). С началом XXI в. начали перерабатываться первичные прожилково-вкрапленные руды «нетрадиционных» типов (Светлинское, Воронцовское, Березняковское, Куросан) с продолжающимся вовлечением многих небольших объектов золотоносных кор в Березняковском рудном поле, в Учалинском районе (Контрольное и Октябрьское), руды зон окисления Тарньерского, Кабанского и Дегтярского колчеданных месторождений и др. [3]

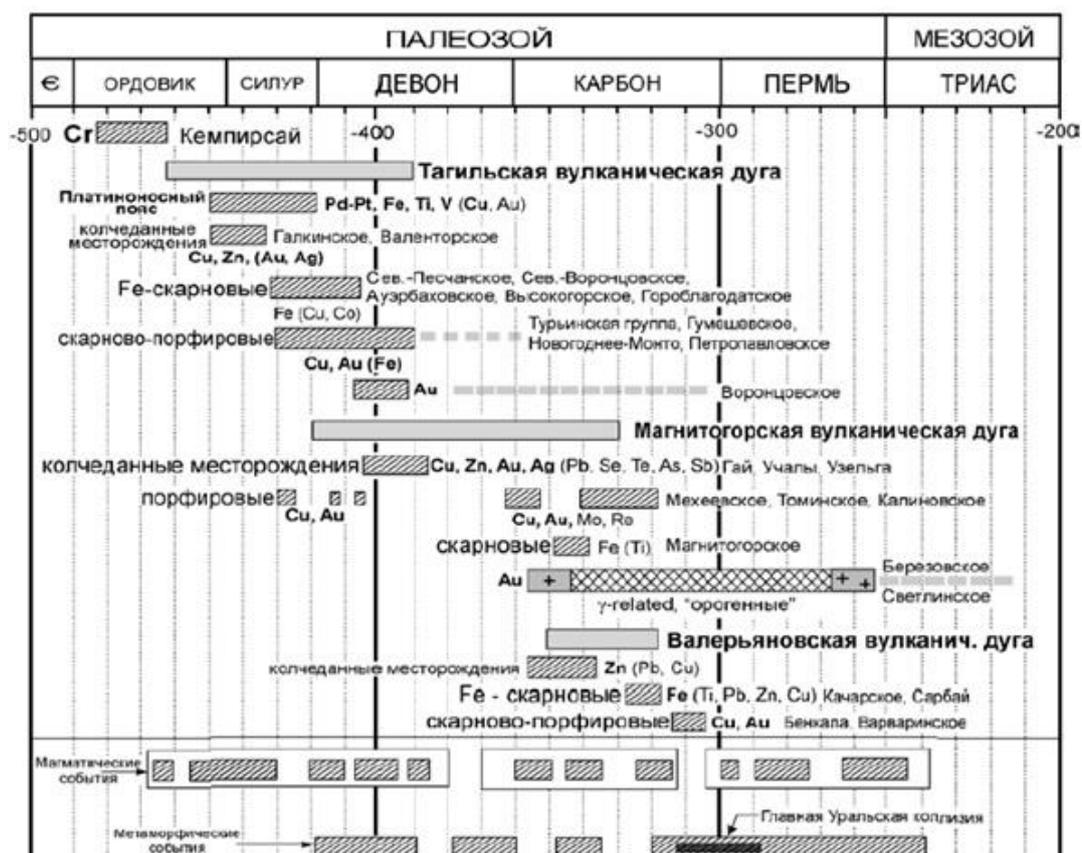


Рисунок 1.6 – Положение золотоносных и собственно золоторудных месторождений разных геодинамических обстановок формирования на схеме геологического развития Урала в палеозое [3]

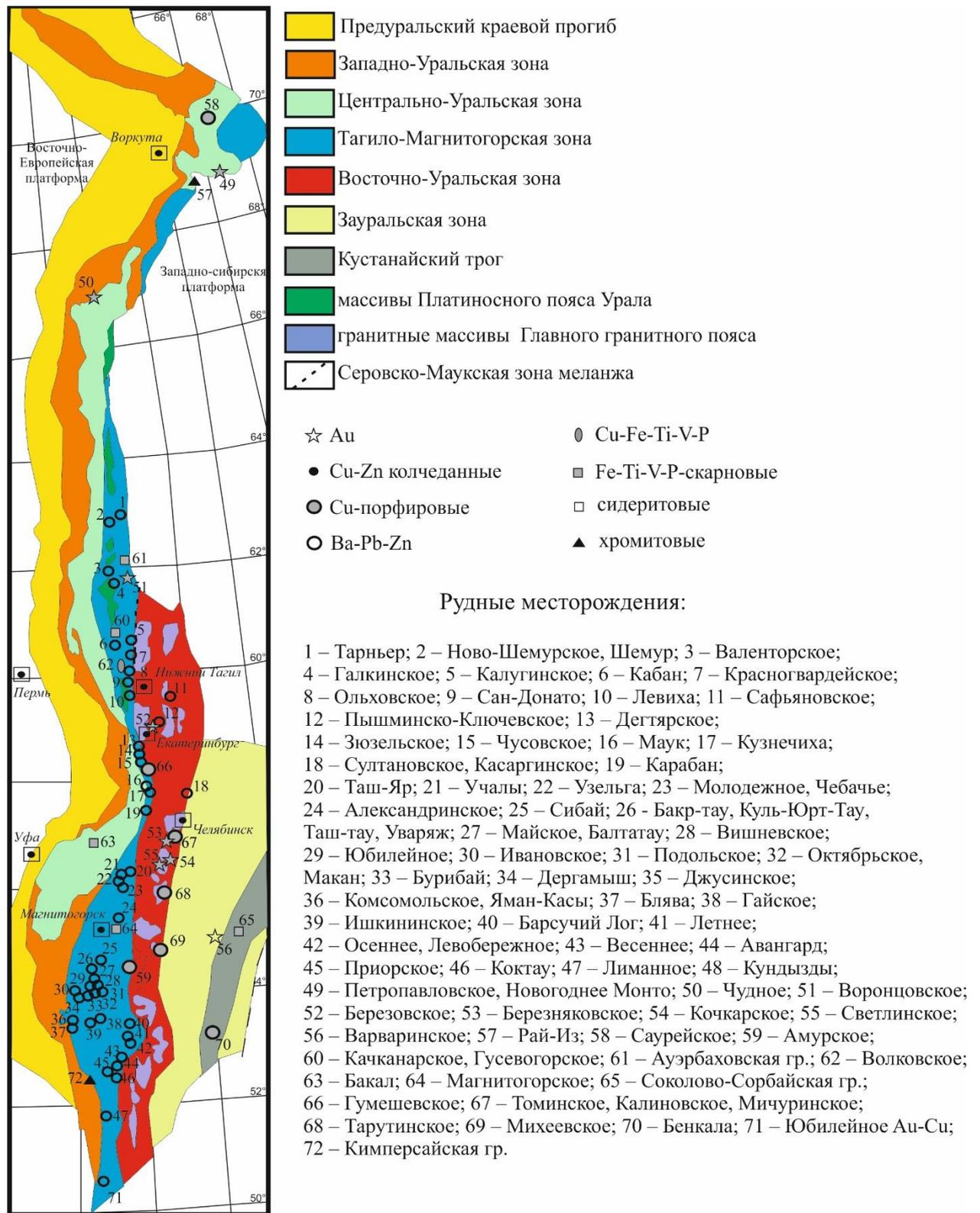


Рисунок 1.7 – Положение рудных месторождений на схеме тектонической зональности Урала (тектоническая основа по В.Н. Пучкову, 2010) [3]

Крупнейшие по запасам золота месторождения возникли в связи с эволюцией энсиматического (мантийной природы) магматизма, обусловленного режимами юной (колчеданные) и зрелой (порфировые) островной дуги и

проявленного в образовании пояса более поздних гранит-тоналитовых плутонов, которые формировались во время главной коллизии (золото-кварц-сульфидные жильные месторождения) (рис. 1.6). Наибольшей концентрацией разнотипного оруденения в Тагильской мегазоне отличается Краснотурьинский рудный узел на Северном Урале, в приосевой части мегазоны, отвечающий крупной рудно-магматической системе (РМС). Вокруг центра РМС, занятого Ауэрбаховским диорит-гранодиоритовым плутоном находятся золотосодержащие месторождения скарново-магнетитовые и медноскарновые, золоторудное (с Sb, As и Hg) Воронцовское, жильные молибден-меднопорфировые и золото-кварцевые проявления, а также высокопродуктивные россыпи золота (рис. 1.7).

1.3. История открытия, разведки и эксплуатации Воронцовского месторождения.

Район Воронцовского месторождения насыщен полезными ископаемыми и хорошо изучен (граф.прил.11). Краснотурьинский рудный район и рудное поле Воронцовского золоторудного месторождения характеризуются геологическими картами масштаба 1:50000 (Лисов Н.С., 1978г.), 1:10000 (Уфимцев Н. Ф., 1971г.), 1:2000 (Бобров В.Н., 1997г.). [13]

Геологической основой для поисковых работ является геологическая карта масштаба 1:10000, составленная на основании большого объема картировочного бурения до нижней границы коры выветривания. Часть скважин пройдена на Воронцовском золоторудном месторождении, но оно было пропущено, так как керн всех скважин, хранившийся на базе Воронцовской ГРП до 1986 года, не был опробован на спектральный анализ, который с 1971 г. выполнялся в каждой экспедиции.

Северо-Воронцовское и Воронцовское скарново-магнетитовые месторождения, примыкающие с севера и востока к Воронцовскому золоторудному месторождению, детально изучены Г.А.Кордовером (1946-1952г.г.). Месторождения отработаны. Оставшиеся залежи некондиционных скарно-магнетитовых руд являются частью первичных руд Воронцовского золоторудного месторождения к северу от р.л.48. Месторождение не было

открыто, так как при разведке и более поздним ревизионным опробованием на золото керн скважин Северо-Воронцовского скарново-магнетитового месторождения не был опробован на пробирный и спектральный анализы.

Открытие, разведка и эксплуатация россыпных месторождений на золото в районе месторождения относится к 1829 году и продолжается до настоящего времени. В 1973-1978г.г. (Кудея В.Д., Карман Л.П. и др.) разведаны и переданы в промышленное освоение Каменское месторождение россыпного золота, а также Богословско-Харитоновская, Северо-Воронцовская, Воронцовская золотоносные россыпи. Запасы утверждены ГКЗ СССР и Урал ТКЗ. Часть Воронцовской россыпи, разведанной по категории С₁, входит во вскрышу Воронцовского карьера. На южном фланге месторождения во вскрышу карьера 2 между р.л. 112-116 входят балансовые и забалансовые запасы категории С₁ с общим объемом горной массы 952, 2 тыс. м³, золота – 158,8кг.

При разведке россыпей Воронцовское золоторудное месторождение также не было открыто, так как скважины закрывались в золотоносных корах выветривания, но пробы с плотика не подвергались пробирному и спектральному анализам. При промывке проб тонкое золото окисленных руд не улавливалось.

Сведения о рудной золотоносности района за периоды 1895-1912 и 1932-1951г.г. имеются в архивных материалах Южно-Заозерского прииска и Федоровского геологического музея и в обобщающих обзорных работах П.Г.Алендорфа (1940г.), Н.В.Павловой (1951-1957г.г.), В.Н.Хрыпова и А.В.Сокольской (1964г.).

Существенное накопление нового фактического материала о рудной золотоносности в пределах района происходило в 1964-1984годах при попутном опробовании на золото и специальном ревизионном опробовании керн скважин от разведок скарново-железородных месторождений района, а также от специальных поисковых работ на рудное золото.

Специальные поисковые работы на коренное золото в районе месторождения проводил Суздалов Б.М. (1977-1979г.г.), Гладковский Б.А.

(1979-1982г.г.). Впервые были выявлена золотоносность скарнов, скарново-медно-магнетитовых руд, минерализованных зон дробления и рассланцевания.

В 1983 году был выполнен небольшой объем буровых работ на окраине п.Воронцовка возле старинной шахты «Надежда», добывавшей золотосодержащую руду. Выявлено золотое оруденение типа «рудного карста».

В дальнейшем был составлен «Проект на проведение детальных поисковых работ на коренное золото в пределах Песчанско-Воронцовского рудного поля, Краснотурьинского рудного района на 1984-1989г.г.». Проектом предусматривалось проведение работ в южной половине Песчанско-Воронцовского рудного поля, в основном, на гипергенное оруденение типа «рудного карста» и попутно на полиформационное золото-сульфидное и золото-кварцевое оруденение.

В результате поисковых работ было открыто Воронцовское золоторудное месторождение нового для Урала геолого-промышленного оруденения.

Месторождение планомерно изучалось в 1985-1999г.г.

На стадии поисковых и поисково-оценочных работ в 1985-1987г.г. выявлен и проведен рациональный комплекс поисковых геофизических и геохимических методов:

площадная съемка ВП по сети 100x20м, магниторазведка по сети 50x10м, геохимическая съемка по выявлению аномалий As, Hg, Ba, Mn, Ag в корях выветривания и Au, Ag, Pb, As в почве. Месторождение опойсковано вдоль зоны разлома скважинами колонкового бурения по сети 200-160x80-40м на протяжении 3200м до глубины 500м. Главная рудная залежь месторождения прослежена по простиранию на 1200м и на глубину 290м.

Выделены природные типы руд: первичные в известняках, вулканогенно-осадочных породах и дайках; окисленные в структурных и перемещенных в карст корях выветривания.

В локализации основных рудных тел первичных руд устанавливается влияние структурного, литологического, метасоматического, геохимического и минералогического контроля.

Основные рудные тела расположены в Северном блоке месторождения с наиболее сложным геологическим строением, где выявлено сочетание всех рудоконтролирующих факторов.

Определен рациональный комплекс каротажа скважин: ИК, ГС, КС, магниторазведка. Рудные тела выделяются только по опробованию, оптимальная длина проб – 1 м. По результатам лабораторных испытаний намечены технологические схемы переработки руд. Подсчитаны запасы категории С₂ и прогнозные ресурсы Р₁. Утвержден ТЭС о возможном промышленном значении месторождения (Сокольская А.В. и др., 1987г.).

Залегание руд от поверхности до глубины 290м, пластообразная форма рудных залежей с пологим залеганием, сильная обводненность месторождения определили оптимальную методику разведки: бурение вериткальных скважин по разведочным линиям, ориентированным вкрест простирания основных рудных тел с последующей оценкой достоверности бурения проходкой минимального объема вертикальных и горизонтальных подземных горных выработок. Составлен отчет о поисковых работах (Гладковский Б.А., Бобров В.Н, и др., 1989г.).

На стадии предварительной разведки в 1987-1991г.г. оконтурены рудные тела на всю глубину по сети скважин 87-40х40м. Пройдены заверочные подземные горные выработки: шурфы глубиной до 40м, рассечки и штреки по горизонтам 20 и 40м. На южном фланге заверочные горные работы не проводились.

Изучен химический и минеральный состав руд и вмещающих пород. Основным компонентом является золото, попутным – серебро. Вредные примеси содержатся в небольших концентрациях. Золото в основном самородное. Размер золотинок менее 0,1мм, редко до 0,2мм. В первичных рудах до 27% золота включены в сульфиды и кварц.

Закончено технологическое картирование месторождения и на лабораторных технологических пробах разработаны технологии обогащения руд. Проведено опытное водопонижение и предварительно изучены инженерно-

геологические и гидрогеологические условия и вопросы охраны окружающей среды.

Утвержден ТЭД (Сокольская А.В. и др., 1990г.). Составлен отчет о результатах предварительной разведки (Бобров В.Н., Кусмауль Э.Г. и др., 1991г.). По временным кондициям при бортовом содержании 0,9г/т подсчитаны запасы по категории C_1+C_2 . ТЭДом предусматривалась разработка месторождения двумя карьерами глубиной 250м и 85м.

На стадии детальной разведки в 1991-1999г.г. в первую очередь была обоснована оптимальная плотность разведочной сети на двух представительных опытно-экспериментальных участках месторождения с простым и сложным геологическим строением. На опытно-экспериментальных участках разведочная сеть сгущалась до 40х20м и 20х20м.

Исследования по обоим участкам проведены по 5 разведочным сетям: 80х80, 80х40, 80х20, 40х40, 40х20м. В качестве эталона принята сеть 40х20м, поскольку отклонения основных параметров при дальнейшем сгущении сети до 20х20м не превышают 4-5%. Исследовались результаты подсчета запасов по 5 вариантам плотности разведочной сети, динамика изменения рудных площадей, параметры богатых руд и соотношения типов руд. Оптимальными параметрами разведочной сети для подсчета запасов в контуре карьера 1 по категории C_1 являются 40х20м, для C_2 – 80х40м.

Фактическая разведочная сеть составляет на карьере 1 для категории C_1 – 40-54х20м, для C_2 – 69-88х28-40м. На южном фланге (на карьере 2) сеть 80-88х40м.

По изменчивости морфологии рудных тел (V_m от 58,1 до 94,9%), содержания золота (V_c от 120 до 162%), месторождение относится к 3-ей группе сложности по классификации ГКЗ.

Бороздовым опробованием в шурфах заверено 3,7% рудных подсечений в скважинах, участвующих в подсчете балансовых запасов. Заверочные горные работы показали надежность выбранной методики разведки. Определена объемная масса природных типов и сортов руд: первичных в известняках и

вулканогенно-осадочных породах, тектонитах, аргиллизитах; окисленных руд в структурных и перемещенных корах выветривания.

Проведены полупромышленные испытания по разработанным технологиям. Наиболее рациональной является кучное выщелачивание окисленных руд и сорбционно-цианистая схема обогащения первичных руд на ЗИФ. Обосновано положение промплощадки и шламохранилища.

Утверждено ТЭО разведочных кондиций (протокол ГКЗ МПР РФ №43-к от 30.10.96г.). ТЭО предусматривало отработку месторождения открытым способом двумя карьерами: 1 – глубиной 230м, 2 на южном фланге – глубиной 60м с переработкой всей руды на ЗИФ по сорбционно-цианистой технологии. По разведочным кондициям при бортовом содержании 1,1г/т подсчитаны запасы по категории C_1+C_2 , в том числе по южному флангу по категории C_2 . «Отчет о детальной разведке с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.97г.» (Хрыпов В.Н., Бобров В.Н. и др., 1997г.) был представлен на утверждение ГКЗ МПР.

При рассмотрении отчета с подсчетом запасов в 1998году ГКЗ воздержалась от утверждения запасов месторождения (протокол №483 от 26.06.98г.) в связи с несоответствием ранее утвержденных параметров кондиций геологическим особенностям месторождения, технологическим свойствам руд.

В 1999 году составлены ТЭО разведочных кондиций (Карпенко И. А., Петраш Н.Г. и др., 1999г.) и отчет «Подсчет запасов по Воронцовскому месторождению по состоянию на 01.06.99г.» (Карпенко И.А., Хрыпов В.Н. и др., 1999г.), которые утверждены ГКЗ МПР РФ (протокол №531 ГКЗ от 29.09.99г.). Запасы подсчитаны по категории C_1+C_2 . Для подсчета балансовых запасов утверждены следующие кондиции: бортовое содержание золота в пробе для окисленных руд – 1,4г/т, для первичных - 2,3г/т, минимальная мощность рудных тел – 3м, максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд – 6м. Забалансовые запасы в контуре карьера подсчитаны при бортовом содержании в пробе 0,5г/т. Глубина карьера 190м. При оконтуривании рудных тел учитывался литологический, структурный, метасоматический,

геохимический контроль оруденения. Подсчитаны запасы первичных руд и окисленных руд отдельно в структурных и перемещенных корах выветривания.

Схема переработки руд: окисленные методом КВ, первичные – чановое выщелачивание на ЗИФ. Запасы руды на южном фланге месторождения (участок Южный) по новым кондициям 1999г. не подсчитывались и в ГКЗ не утверждались. В 1999-2002г.г. ЗАО «ЗСУ» провела опытно-промышленную разработку окисленных руд опытным карьером в пределах южного опытно-экспериментального участка месторождения с простым геологическим строением. Руды переработаны методом КВ. Результаты хорошие. Опытная разработка карьера показала сильную изменчивость морфологии рудных тел прежде всего из-за неровной поверхности закарстованных известняков.

Южный фланг месторождения, где форма рудных тел окисленных руд особенно сложная, необходимо детально разведать и довести плотность сети до 40х20м для запасов категории С₂ и 20х20м для С₁. Площадь Воронцовского месторождения в составе Песчанско-Воронцовского рудного поля (15км²), а также примыкающего с запада Пещерного участка (43км²) и южная часть Краснотурьинского рудного района на площади 51км² изучены в 1984-1999г.г. поисковым бурением до глубины 300 м и комплексными геофизическими и геохимическими работами. Новых залежей руд до глубины 300 м не выявлено. Для стабильной работы Воронцовского ГМК необходимо провести детальную разведку южного фланга месторождения до глубины 120 м. [13]

2. Геолого-структурная позиция Воронцовской рудной зоны

2.1. Стратиграфия

[15] Протерозойская акротема

Верхнепротерозойская эонотема PR₂

К верхнему протерозою условно отнесен мощный сложно дислоцированный комплекс метаморфических пород, распространенный в восточной части района, где на значительной площади он слагает ядро Верхотурско-Верхисетского мегаантиклинория.

В состав комплекса входят биотитовые и биотито-амфиболовые обычно мигматизированные плагиогнейсы, инъекционные мигматиты, реже амфиболиты, амфиболовые и полевошпатово-амфиболовые сланцы.

Нижний палеозой (PZ₁)

Породы, отнесенные к нижнему палеозою, развиты главным образом в пределах западного крыла Верхотурско-Верхисетского мегаантиклинория, непосредственно западнее полосы распространения верхнепротерозойских образований.

Рассматриваемые образования представлены амфиболитами, а также амфиболовыми, кварцево-биотитовыми, кварцево-гранато-биотитовыми, серицито-альбито-кварцевыми сланцами, реже биотито-амфиболовыми и биотитовыми плагиогнейсами, инъекционными мигматитами и слюдянными кварцитами. Общая мощность пород, по-видимому, более 1500 м.

Силурийская система

Нижний отдел

Венлокский ярус (S_{1w})

Образования венлокского яруса распространены только в пределах Тагильского мегасинклинория, где они обнажаются в ядрах крупных антиклинальных структур или в крыльях синклиналей. Венлокские образования представлены преимущественно кварцевыми альбитофирами, дацитовые и андезитовые порфириты, единичные прослои их туфов, диабазы, диабазовые,

андезито-базальтовые порфиры, спилиты, местами шлаковидные спилиты. Общая мощность не менее 2000 м. Верхнелудловский подъярус силурийской системы- лохковский ярус нижнего отдела девонской системы (S₂ld₂- D₁)

Отложения представлены вулканогенными и осадочно-вулканогенными образованиями трахит-трахибазальтовой ассоциации. Они широко распространены в западной половине района, где выступают в ядрах антиклиналей, а восточнее слагают крылья и ядра синклиналей. В состав ассоциации входят трахитовые порфиры, трахи-андезитовые, трахибазальтовые, базальтовые порфиры, туфы, туфопесчаники, туффиты, туфоконгломераты. Трахитовые порфиры в районе встречаются редко. Большая часть субщелочных вулкаников представлена туфами трахитовых порфиров, обладающими средне-, мелко- и тонкозернистым строением. Трахитовые порфиры состоят из альбита, калиевого полевого шпата и бурого вулканического стекла. Во вкрапленниках встречаются вторичный альбит, альбит-олигоклаз и редко андезин.

Мощность отложений составляет 1200 м.

Девонская система

Девонские образования пользуются широким развитием на изученной площади. Они слагают центральные части и крылья многих синклинальных структур Тагильского мегасинклинория и представлены всеми тремя отделами: нижним, средним и верхним. На описываемой территории в пределах площади распространения девонских отложений выделяются две структурно-фациальные зоны: Петропавловская- вулканогенно-осадочная и Турьинская- вулканогенная. Петропавловская зона охватывает западную, а Турьинская- восточную часть Тагильского мегасинклинория. Названные зоны разграничены Волчанско-Шайтанским разломом, протягивающимся в северо-северо-восточном направлении в 4 км к востоку от г. Карпинска.

Петропавловская зона с запада на восток подразделяется на две подзоны: Карпинскую- карбонатную и Макарьевскую- вулканогенно-осадочную. Разграничены они Коноваловским разломом, прослеживающимся по восточным

окраинам городов Волчанска и Карпинска и прилегающим южнее р. Каквы к Волчанско-Шайтанскому разлому.

Нижний отдел

Пражский ярус (D_{1p})

В Турьинской зоне с известняками пражского яруса сопоставляется мощный комплекс андезитовых, андезито-базальтовых, андезито-дацитовых порфиритов, их туфов, осадочно-вулканогенных отложений и рифогенных известняков. Наибольшее распространение этот комплекс получил в междуречье Турьи и Каквы, где он слагает центральную часть Турьинской брахисинклинали. По результатам многочисленных детальнейших геологоразведочных работ, проведенных в пределах медных и железорудных месторождений, стратиграфический разрез рудного поля сложен осадочными и вулканогенно-осадочными породами краснотурьинской свиты ($D_{1e}-D_{2e_1} kr$). В основании стратиграфического разреза месторождения залегают породы **суворовской толщи** $D_{1e}-D_{2e_1} kr (su)$, сложенные туфами, туффитами, туфопесчанниками, туфоалевролитами иногда с прослоями известняков, суммарной мощностью до 1000 м (прил. В).

На туфогенно-терригенных породах суворовской толщи согласно залегают **фроловско - васильевская толща** $D_{1e}-D_{2e_1} kr (fr)$ мощностью до 1200 м составляет основную часть разреза месторождения, залегают в его основании и сложена рифогенными известняками серыми, светло-серыми массивными, слоистыми, органично-обломочными с фауной (конодонты, брахиоподы, кораллы) эмского возраста. В отдельных участках известняки из-за обильного насыщения туфогенным материалом приобретают серый цвет и тонкую полосчатость. Известняки в различной степени мраморизованы, вплоть до мраморов. Вблизи разломов известняки раздроблены, участками доломитизированы, окварцованы и содержат пылевидную вкрапленность сульфидов (до 1-2 об. %).

Во вскрытой в скважинах и карьере верхней части фроловско-васильевской толщи обособляется невыдержанный по простиранию горизонт

карбонатных брекчий и брекчированных известняков мощностью до 100 м, в которых локализованы основные рудные тела Воронцовского золоторудного месторождения. Брекчии представляют собой полуокатанные и угловатые обломки известняка размером до 25 см, сцементированные глинисто-карбонатным и вулканогенно-осадочным материалом: кремнистыми и известково-кремнистыми туфопесчаниками, туфоалевролитами, туфоаргиллитами. Пирокластический материал представлен обломками плагиоклаза, редко амфибола и пироксена, обломками андезитов, нередко сохраняется слоистая текстура, иногда присутствует фауна криноидей. Участками мелкообломочный вулканогенно-осадочный цемент “сливается” в прослой до 20-30 см с четкой слоистостью (скв. 397р, 609р и др.). В цементе брекчий отмечаются вкрапленность и прослой пылевидного пирита и марказита в количестве до 3-5%, а также подчиненного углеродистого вещества. Цемент брекчий на участке месторождения сильно изменен (серцитизация, окварцевание, эпидотизация, хлоритизация, сульфидизация) и в горизонтах брекчий за пределами рудных тел надежно диагностируется как вулканиты андезитового состава. Местами в участках, насыщенных дайками (верхние горизонты Северного карьера), цемент представлен андезитами лавовой или субвулканической фации, а порода может быть описана как взрывчатая агломератовая ксенокластолава с обильными обломками известняка.

Рассматриваются несколько основных гипотез формирования “известняковых брекчий” - эруптивная, тектоническая, осадочная и вулканогенно-осадочная. В первой гипотезе предполагается, что эруптивные брекчии образовались путем заполнения вулканическим материалом под высоким флюидным давлением пустот между обломками известняка, образованными при вулканических взрывах (Сазонов и др., 1991).

В гипотезе тектонического происхождения брекчии образуются при дроблении и мраморизации известняков в связи внедрением Ауэрбаховской интрузии (Рахов, 1999). Согласно осадочной и вулканогенно-осадочной гипотезам, брекчии вместе со слоями туфопесчаников и туфоалевролитов

накапливались в конседиментационных впадинах на поверхности разрушающейся рифовой постройки (Минина, 1994; Черемисин, Злотник-Хоткевич, 1997). По нашему мнению, нельзя исключать совместное или одновременное действие нескольких механизмов, поскольку картируются соответствующие им признаки.

Скарновые зоны, развитые во фроловско-васильевской толще, являются основным рудовмещающим горизонтом Турьинского рудного поля. В этап скарнирования, проявленного в экзо- и эндоконтактах интрузивных тел и даек, в карбонатных породах на северном фланге Воронцовского золоторудного месторождения развились скарново-медно-магнетитовые руды с повышенными содержаниями золота; в южной части месторождения на брекчии наложена более поздняя золото-сурьмяно-ртутная минерализация, сопровождающая кварц-гидрослюдистые метасоматиты.

Залегающие выше с неясно выраженным несогласием вулканогенно-осадочные породы **башмаковской толщи** D_{1e}-D_{2e1} kr (ba) мощностью от 120 до 450 м представлены тонко переслаивающимися туффитами (кремнистыми, известковистыми, глинисто-кремнистыми), туфопесчаниками, туфоалевролитами, туфоаргиллитами, тонко-крупнообломочными кристаллолитокластическими туфами андезитов, андезибазальтов с прослоями слоистых известняков с примесью туфогенного материала. Обломочный материал представлен осколками плагиоклаза и пироксена. В эндоконтактовых частях интрузивов породы башмаковской толщи послойно, особенно вдоль контактов основных вулканитов и известковистых пород, замещаются скарнами и скарноидами, которые обусловили локализацию здесь субпластовых меднорудных тел Турьинских рудников.

Отложения башмаковской толщи на северном и южном флангах месторождения перекрываются породами нижеэфельской богословской толщи D_{1e}-D_{2e1} kr (bo), которые представлены кристаллокластическими и агломератовыми туфами, туфобрекчиями, лавами, туф-фитами андезитового, андезибальтового состава и туфопесчаниками с прослоями известняков.

Мощность толщи около 200 м (до 1000 м).

Наиболее продуктивной частью геологического разреза на Воронцовском месторождении является нарушенная межпластовыми срывами зона контакта вулканогенно-осадочных пород башмаковской толщи и подстилающих брекчиевидных известняков. Здесь в метасоматически измененных зонах дробления и смятия по вулканогенно-осадочным породам и известнякам образовались основные золоторудные тела сложной морфологии.

1. Средний отдел

Эйфельский ярус

Представлен отложениями нижнего и верхнего подъярусов.

Нижний подъярус (D_{2ef1})

В пределах Петропавловской зоны нижнеэйфельские отложения широко развиты в южной части Карпинской подзоны в междуречье р. Каквы и р. Лобвы. Они представлены преимущественно известняками, налегающими, трансгрессивно на известняки пражского яруса, редко туфоконгломератами, туфопесчаниками, вулканомиктовыми конгломератами и песчаниками.

В Макарьевской подзоне известняковый разрез нижнего подъяруса эйфеля наблюдается по р. Какве и в верховьях р. Талицы. Известняки массивные светло-серого цвета с *Gypidula ivdelensis* Khod., *Eospirifer superbis* (Eichw.) и др. В северном направлении они замещаются мелкозернистыми туффитами, туфопесчаниками, туфоконгломератами, вулканомиктовыми песчаниками и конгломератами.

В Турьинской зоне отложения нижнеэйфельского подъяруса распространены главным образом в ее северной части. В их составе преобладают туфы и агломератовые туфы базальтовых и андезитово-базальтовых порфиритов. В подчиненном количестве наблюдаются покровные порфириты; туфоконгломераты, туфопесчаники, туффиты и известняки.

Нижнеэйфельские образования в Турьинской зоне залегают, согласно на вулканогенных отложениях пражского яруса, а отложения Петропавловской зоны - несогласно. Мощность 860-1100 м.

Верхний подъярус (D_{2ef_2})

Отложения верхнего подъяруса эйфеля распространены в северной части района. В Карпинской подзоне верхнеэйфельский подъярус представлен главным образом темно-серыми и серыми битуминозными амфипоровыми слоистыми известняками с *Cladopora ivdelensis* Yanet, *Tryplasma devoniana* Soshk., *Conchidiella pseudobaschkirica* Tschern. и другими верхнеэйфельскими формами. Юго-западнее г. Волчанска в верхах подъяруса наблюдается пачка переслаивающихся тонкозернистых туффитов, вулканомиктовых песчаников и известняков. Блоковое строение верхнеэйфельских отложений в Карпинской подзоне не позволяет установить их полную мощность.

В Макарьевской подзоне рассматриваемые отложения близ устья р. Тоты и в верховьях р. Талицы сложены также известняками с *Conchidiella pseudobaschkirica* Tschern. На широте г. Карпинска в основании разреза появляется пачка туфопесчаников и тонкозернистых туффитов, которая севернее целиком замещает известняки. Севернее в низах разреза наблюдается пачка туфов и агломератовых туфов андезитовых роговообманково-плагиоклазовых, андезито-базальтовых роговообманково-пироксено-плагиоклазовых порфиритов, содержащих единичные маломощные потоки порфиритов. В средней части разреза содержатся прослойки туфоконгломератов, туфов андезито-дацитовых кварцево-роговообманково-плагиоклазовых порфиритов и линзы известняков, а верхи разреза сложены пачкой известняков с *Conchidiella pseudobaschkirica* Tschern.

В Турьинской зоне породы верхнеэйфельского подъяруса более всего развиты вблизи северной границы зоны. На правом берегу р. Большой Волчанки в составе отложений подъяруса отмечены туфы и агломератовые туфы андезитовых и андезито-базальтовых порфиритов, включающие ряд маломощных залежей порфиритов. На правом берегу р. Заболотной в верхней части подъяруса появляются туфопесчаники, туффиты и известняки с *Cladopora elegans* Dubat., *C. sp. ind.* (cf. *ivdelensis* Yanet.), *Tryplasma sp. ind.* (cf. *devoniana* Soshk.) и др. Небольшой участок распространения верхнеэйфельских отложений

имеется в средней части Турьинской зоны на р. Какве у впадения в нее р. Холодной, где они представлены темно-серыми известняками с *Conchidiella* sp. Отложения Турьинской зоны залегают согласно на подстилающих породах, а Петропавловской зоны - несогласно. Мощность 200- 750 м.

Живетский ярус (D_{2g})

Живетские отложения развиты только в северной части Петропавловской зоны. В Макарьевской подзоне они выходят на поверхность в виде узкой (250-400 м) полосы к востоку от города Карпинска в пределах Восточно-Карпинской синклинали, а в Карпинской подзоне слагают более широкие участки в бортах Волчанской депрессии. Это темно-серые и серые битуминозные часто слоистые, светло-серые и розоватые массивные известняки. На подстилающих породах залегают несогласно. Мощность живетских отложений близ Волчанской депрессии определяется приблизительно в 500 м, а в Восточно-Карпинской синклинали она не превышает 100 м.

Верхний отдел

Франский ярус (D_{3fr})

Залегают породы в пределах Восточно-Карпинской синклинали восточнее города Карпинска, также они наблюдаются на территории г. Волчанска.

Отложения представлены светло-серыми массивными и реже серыми толстоплитчатыми известняками с *Hypothyridina cuboides* Sow., *Pugnax acuminata* Mart., *Atrypa tubeacostata* Raeck. Вверх по разрезу (а местами и по простиранию) известняки постепенно сменяются толщей тонкопереслаивающихся полимиктовых туфопесчаников, песчаников, туффитов, глинисто-кремнистых, углисто-глинистых сланцев и спонголитов, содержащих редкие прослойки мелкогалечных полимиктовых конгломератов. На нижележащих породах залегают согласно. Мощность 200- 400 м.

Мезозойская эратема

Триасовая система

Верхний отдел (Т₃)

Отложения занимают небольшую площадь в северо-западной части

района, где выполняют довольно глубокую Волчанскую депрессию. Они представлены полимиктовыми конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами, бурыми углями и пестроцветными глинами с линзами бокситов.

Севернее г. Волчанска песчано-глинистые и угленосные отложения фациально замещаются, полимиктовыми конгломератами, целиком составляющими здесь разрез верхнего триаса. Конгломераты крупногалечные и валунно-галечные. Гальки состоят из порфиритов, кварца, кварцитов, гнейсов, гранитов, порфиров, альбитофиров и серпентинитов. Изредка наблюдаются прослой песчаников.

Они залегают с размывом и резким угловым несогласием на известняках эйфельского и живетского ярусов. Мощность 70- 900 м.

Четвертичная система

Континентальные отложения четвертичного возраста имеют повсеместное распространение и залегают на различных породах палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Мощность их не выдержана и колеблется в пределах 1-30 м. По возрасту они подразделяются на среднечетвертичные, средне-верхнечетвертичные, верхнечетвертичные и современные.

Среднечетвертичные отложения

В среднечетвертичных отложениях выделяются самаровский и нерасчлененные одинцовский и московский горизонты.

Самаровский горизонт

Представлен ледниковыми, флювио-гляциальными (fgQ_{IIsm}) и озерно-ледниковыми ($l-gQ_{IIsm}$) отложениями. Ледниковые отложения (gQ_{IIsm}) отмечаются на небольшом изолированном участке в северо-западной части описываемой территории, в 6 км севернее г. Волчанска. Они сложены полимиктовыми галечниками, небольшими (10-20 см) валунами, песками и суглинками. Мощность этих отложений не менее 20-25 м.

Одинцовский и московский горизонты

В одинцовский и московский горизонты выделены аллювиальные

отложения ($aQ_{IIod+ms}$) третьей надпойменной (исетской) террасы р. Сосьвы, представленные галечниками, гравием, косослоистыми полимиктовыми песками и песчаными глинами. Их мощность изменяется от 1,5 до 14,4 м.

Формирование нижней части террасы, где преобладают галечники и пески, происходило, по-видимому, во время одинцовского межледниковья, а отложение глинистых осадков верхней части террасы во время московского оледенения.

Средне-верхнечетвертичные отложения

К образованиям средне-верхнечетвертичного возраста условно отнесены широко развитые на водораздельных пространствах элювиальные (eQ_{II-III}), элювиально-делювиальные ($e-dQ_{II-III}$), делювиальные (dQ_{II-III}) отложения. Элювиальные отложения состоят в основном из каолинит-гидроалюминатных глин, содержащих незначительную примесь песка. Мощность их не превышает 1-3 м. Элювиально-делювиальные отложения представлены глыбово-щебенистым материалом с примесью песчаных глин в пределах выходов на поверхность палеозойских образований; глинами, песчанистыми глинами с примесью щебня и галек мезозойско-кайнозойских пород - на площади развития мезокайнозоя; полимиктовыми галечниками, глинами с полимиктовой галькой, реже щебнем бурых углей - над триасовыми отложениями в районе Волчанской депрессии. Мощность элювиально-делювиальных отложений 1-2 м. Делювиальные отложения сложены песчанистыми глинами с примесью щебня пород субстрата, галек и гравия кварца. Их мощность варьирует в пределах 2-12 м.

Верхнечетвертичные отложения

Верхнечетвертичные отложения представлены речными образованиями двух аккумулятивных террас, одна из которых отнесена к казанцевскому и ханмейскому, другая - к каргинскому и полярноуральскому горизонтам.

Казанцевский и ханмейский горизонты

Аллювиальные отложения казанцевского и ханмейского горизонтов ($aQ_{IIIkz+hm}$) слагают вторую надпойменную (камышловскую) террасу с высотой бровки 8-12 м над урезом воды. Представлены они в низах разреза кварцевыми

галечниками с примесью изверженных пород палеозоя и осадочных образований мезозоя-кайнозоя, глинистыми разнозернистыми полимиктовыми песками, а сверху- коричневато-серыми и зеленовато-серыми глинами, реже суглинками. Мощность аллювиальных отложений изменяется от 1,5 до 27 м.

Каргинский и полярноуральский горизонты

Аллювиальные отложения каргинского и полярноуральского горизонтов ($aQ_{III} + ru$) образуют первую надпойменную (турьинскую) террасу, которая хорошо представлена в долине р. Сосьвы и отмечается в виде реликтов у рр. Большой Волчанки, Турьи, Каквы и Лобвы. Высота ее бровки над урезом реки составляет 3,5- 6,0 м. В составе аллювия наблюдаются русловые, пойменные и старичные фации. Отложения представлены разнозернистыми песками, гравийно-галечными песками и галечниками, песчано-глинистыми осадками, содержащими сверху два горизонта погребенных почв, серыми, синевато-серыми глинами, обогащенными растительными остатками и содержащими включения зерен вивианита. Средняя суммарная мощность отложений турьинской террасы составляет 10 м.

Современные отложения

Современные отложения пользуются в описываемом районе широким развитием. Генетически они подразделяются на болотные, коллювиальные, аллювиальные и техногенные.

Болотные отложения (hQ_{IV}) широко развиты на водоразделах и представлены песчаными глинами с вивианитом и торфами. Мощность 1- 25 м.

Коллювиальные отложения (cQ_{IV}) распространены на крутых склонах долин современных рек и сложены щебнем, крупноглыбовым материалом субстрата и песчанистыми глинами с примесью дресвы и щебня. Их мощность 1- 3 м (редко 9 м).

Аллювиальные отложения (aQ_{IV}) развиты во всех поймах рек. Отложения представлены глинами, суглинками и глинистыми песками серых и темно-серых тонов. Средняя мощность аллювия 7 м, в долине р. Сосьвы она достигает 10- 15 м. [3]

Коры выветривания

Кора выветривания имеет значительное распространение в описываемом районе, развиваясь в основном на породах верхнего протерозоя, палеозоя и верхнего триаса. Выделяются площадной, линейно-трещинный (в зонах разрывных нарушений и трещиноватости), линейно-контактовый (вдоль контактов разных по составу пород), контактово-карстовый (по контактам различных пород с известняками) и трещинно-контактово-карстовый (вдоль разломов на границах известняков с другими породами) типы коры выветривания. Площадная кора выветривания в низах геологических разрезов часто сменяется линейным типом.

По возрасту установлены мезозойские и неогеновые коры выветривания с преобладанием мезозойских. Среди последних наибольшую практическую ценность имеют продукты выветривания серпентинитов, содержащие значительные скопления силикатных никелевых руд.

На известняках значительных скоплений продуктов выветривания не возникает. Но по их контактам с вулканогенными и терригенными породами и особенно по контактам, совпадающим с разрывными нарушениями, происходит развитие мощной коры выветривания линейного типа. На некоторых участках линейная кора выветривания прослеживалась до глубин 100-115 м.

Формирование коры выветривания началось в триасовое время, о чем свидетельствует характер верхнетриасовых отложений Волчанской депрессии, нижняя часть которых, несомненно, образовалась за счет размыва и переотложения коры выветривания. Наиболее интенсивное образование коры выветривания происходило, по-видимому, в течение юрского и мелового периодов. На это указывает развитие мощной, хорошо проработанной коры выветривания по полимиктовым терригенным породам верхнего триаса и присутствие коррелятных с корой выветривания мощных континентальных отложений лангурской толщи, тыншинской, синарской и мысовской свит. Кроме того, юго-восточнее пос. Рудничного в ряде мест установлено наличие глинистой коры выветривания (мощностью до 28 м) по полимиктовым

галечникам и пескам лангурской толщи.

Неогеновая кора выветривания развита незначительно в западной части описываемого района. Это маломощные дресвяно-щебнистые обычно красноцветные образования с минеральным составом исходных пород, распространенные на вершинах ряда холмов и увалов. На пониженных участках наблюдаются коррелятивные данной коре выветривания красноцветные отложения аральской свиты.

2.2. Магматизм

[14] Интрузивные образования занимают в пределах описываемого района обширную территорию, составляющую в целом около 1000 км². Они выходят на поверхность в западной и частично центральной частях района, на остальной территории перекрыты рыхлыми образованиями мезозоя и кайнозоя.

Проявление интрузивного магматизма охватывает широкий диапазон времени от позднего силура по поздний палеозой. По возрасту интрузивные образования подразделяются на позднесилурийские, раннедевонские, среднедевонские и позднепалеозойские. Из них наиболее продуктивны в отношении минерализации интрузии среднего девона, с которыми связана большая часть эндогенных месторождений полезных ископаемых. Второе место по значимости занимают интрузии позднего силура с сопровождающими их гидротермальными месторождениями золота. К остальным интрузиям приурочены единичные гидротермальные месторождения золота и железа.

Позднесилурийские интрузивные образования

Интрузивные образования позднего силура развиты в пределах площади распространения эффузивов венлокского яруса. Они представлены гипербазитами (гарцбургиты, верлиты, дуниты), обычно превращенными в серпентиниты; клинопироксенитами, плагиогранитами, габбро, габбро-диоритами, диоритами, диоритовыми порфиритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами и породами жильной серии.

Серпентиниты распространены в центральной части описываемой площади и прослеживаются в виде меридиональной полосы (площадь 440 км²).

Они перекрыты рыхлыми отложениями мезозоя и кайнозоя и выходят на отдельных участках, именуемых (с севера на юг) Устейским, Колинским, Вагранским и Серебрянским массивами.

Среди серпентинитов Колинского и Вагранского массивов на небольших участках сохранились серпентинизированные гарцбургиты (σS_2).

Пироксениты ($\sigma_1 S_2$) развиты незначительно. Они образуют круто- или пологопадающие жилы мощностью от первых метров до 100-400 м среди серпентинитов или на контакте их с вмещающими породами. Пироксениты имеют крупнозернистое строение и темно-зеленую окраску. Сложены диалягом с примесью оливина, содержание которого варьирует от единиц процентов до 10- 20%.

Плагииграниты ($\gamma_0 S_2$)- распространены в восточной части Верхне-Лобвинского массива вдоль меридионального течения р. Лобвы и северо-западнее д. Мысовой, где образуют небольшие штокообразные тела.

Жильная фация плагиигранитов представлена плагиигранит-порфирами, кварцевыми альбитофирами.

Плагииграниты и породы жильной фации по минералогическому и химическому составу аналогичны эффузивным кварцевым альбитофирам и обычно рассматриваются как их комагматы. Перечисленные гранитоиды сопровождаются проявлениями золотой минерализации в виде кварцевых жил с золотом и сульфидами.

Габбро (νS_2) слагают небольшие выходы (до 0,5 км; в верховьях р. Рыбной, в среднем течении р. Зуевки среди эффузивов венлока, в верховьях р. Большой Катасьмы и непосредственно северо-восточнее пос. Сельхоз 11 среди серпентинитов. Кроме того, габбро отмечаются в многочисленных дайках, секущих эффузивы венлока, серпентиниты и плагииграниты позднего силура.

Выходы габбро в верховьях р. Рыбной и среднем течении р. Зуевки, по-видимому, представляют апофизы крупной интрузии. Габбро — это зеленовато- и темно-серые полнокристаллические средне- и мелкозернистые породы. Наряду с габбро широким развитием пользуются диабазы, диабазовые, базальтовые и

андезито-базальтовые порфириты, залегающие в виде даек.

Диориты, габбро-диориты, реже габбро и кварцевые диориты нерасчлененные ($v\delta S_2$) развиты в Мысовском массиве севернее д. Мысовой, и Нижне-Рыбинском массиве в районе устья р. Рыбной, вскрытом скважинами под рыхлыми образованиями мезозоя и кайнозоя. По геофизическим данным названные массивы представляют собой апофизы единой крупной штокообразной интрузии.

Диориты, габбро-диориты Мысовского и Нижне-Рыбинского массивов представляют собой полнокристаллические мелко-, реже среднезернистые, серые и зеленовато-серые породы.

Диориты (δS_2) и диоритовые порфириты ($\delta\mu$) распространены в восточной части Ларьковского и в северо-западной части Верхне-Лобвинского массивов, а также встречены в виде небольших выходов в нижнем течении р. Устеи и в устье р. Серебрянки. Они образуют штокообразные тела, дайки и жилы. Диоритовые порфириты аналогичны диоритам и отличаются более мелкозернистой порфирированной структурой.

Гранодиориты ($\gamma\delta S_2$) развиты южнее пос. Верхней Лобвы в центральной части Верхне-Лобвинского массива на площади 18 км² и в верховьях р. Ларьковки в западной части Ларьковского массива на площади 34 км².

Образуют сложные многофазные штокообразные интрузивные тела. С гранитоидами Ларьковского массива связаны гидротермальные месторождения золота.

Диориты и габбро-диориты ($v\delta S_2$) слагают Межевой массив в 10 км восточнее г. Серова и ряд небольших массивов около п. Филькино и п. Нижний Лангур. Между диоритами и габбро-диоритами наблюдаются постепенные взаимопереходы.

Кварцевые диориты ($\delta\sigma Sp$) относительно широко развиты в восточной части района, ими сложена периферическая часть Таньшинского массива в нижнем течении р. Таньши, Морозковский массив у ж.-д. разъезда Морозково и небольшой массив вблизи южной рамки листа. По составу и облику кварцевые

диориты очень похожи на диориты Межевого массива и отличаются от последних большим содержанием кварца и биотита.

Раннедевонские интрузивные образования

Раннедевонские интрузивные образования представлены габбро, монцонит-порфиритами, сиенит-порфирами и микросиенитами. По минералогическому и химическому составам они близки к вулканогенным породам верхнелудловского подъяруса- лохковского яруса и, по-видимому, представляют их эффузивные эквиваленты.

Габбро (vD_1) наблюдаются в среднем течении реки Большой Катасьмы в небольших телах общей площадью 0,8 км². Габбро слагают небольшие штоки на площадях распространения вулканитов верхнелудловского подъяруса- лохковского яруса и обнаруживают с ними активные контакты.

Микросиениты, сиенит-порфиры и монцонит-порфиры (ϵD_1) широко распространены в виде небольших пластовых тел, даек и жил. На карте показаны только наиболее крупные тела, выступающие в среднем течении рек Большой Волчанки и Турьи. Сложены розоватым альбитом, реже зеленовато-серым сосюритизированным плагиоклазом, альбитизированными калишпатами. Монцонит-порфиры состоят из сосюритизированного, пренитизированного плагиоклаза, калиевого полевого шпата, диопсида, магнетита, апатита и вторичных минералов- хлорита, эпидота, кварца и актинолита.

Среднедевонские интрузивные образования

К интрузивным образованиям среднего девона отнесены габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты и лампрофиры- единиты, керсантиты и спессартиты. Они прорывают вулканогенные и осадочно-вулканогенные толщи пражского и эйфельского ярусов. Эти образования входят в состав Ауэрбаховского массива. Морфологически Ауэрбаховский массив представляет собой шток, центральная часть которого сложена гранодиоритами и кварцевыми диоритами, а краевая- диоритами, переходящими в габбро-диориты.

Габбро-диориты ($\nu\delta D_2$) слагают небольшие массивы площадью 0,5- 2 км². К ним относятся Верхне-Каменский- в верховьях р. Каменки, Западно-Песчанский- в верховьях рч. Песчаного, Пещернинский- в верховьях рч. Пещерного. Перечисленные массивы представляют апофизы единой крупной интрузии, которая по крутому контакту соприкасается с диоритами Ауэрбаховского массива. Состоят из зерен зонального плагиоклаза, центральные части которых имеют состав битовнита, а периферические лабрадора, а также диопсида и гиперстена, буровато-зеленой обыкновенной роговой обманки и магнетита.

Диориты (δD_2) широко распространены в краевой части Ауэрбаховского массива на площади 24 км², где образуют сплошной пояс шириной 0,4-4,0 км около гранодиоритов. Небольшие выходы диоритов известны также в массивах Веринском восточнее пос. Медной Шахты, Взвозном- южнее реки Взвозной, Желваковском- в окрестностях подсобного хозяйства Сепьхоз 11 и в Дразном массиве в 1,5 км юго-западнее пос. Волчанской Драги. Совместно с диоритовыми порфиритами диориты получили широкое развитие в виде даек и жил, группирующихся в зоне экзоконтакта Ауэрбаховского массива. Состоят они из зерен зонального плагиоклаза, в которых ядро имеет состав лабрадора, а периферическая часть- андезина, а также диопсида, эпимагматической зеленой роговой обманки и акцессорных минералов- апатита, магнетита, пирита и сфена.

Кварцевые диориты ($\delta o D_2$) развиты в Ауэрбаховском массиве в участках контактов диоритов с гранодиоритами, в Москалевском и Фроловском массивах (на южной окраине г. Краснотурьинска), в небольшом теле западнее г. Серова среди серпентинитов и в многочисленных дайках и жилах. Они характеризуются светло-серой окраской, средне-зернистым массивным строением и состоят из зонального плагиоклаза, в зернах которого ядро имеет состав лабрадора, а края- андезина, калиевого полевого шпата, кварца, зеленой обыкновенной роговой обманки с подчиненным биотитом. Акцессорные минералы представлены апатитом, магнетитом, пиритом и сфеном, а также единичными зернами циркона и флюорита.

Гранодиориты ($\gamma\delta D_2$) локализуются в центральной части Ауэрбаховского массива. Они представляют собой светло-серые и розовато-серые полнокристаллические среднезернистые породы, состоящие из зонального плагиоклаза, в ядре зерен которого присутствует андезин, а по краям олигоклаз, а также калиевого полевого шпата, кварца, буровато-зеленой обыкновенной роговой обманки с подчиненным биотитом. Акцессорные минералы- апатит, магнетит, пирит и сфен, а также единичные зерна циркона. Гранодиориты слабо метаморфизованы. В них отмечается частичная сосюритизация плагиоклаза.

Аляскитовые граниты ($\gamma I D_2$) встречены вблизи южного окончания Ауэрбаховского массива. Они представляют собой полнокристаллические среднезернистые, реже порфировидные светло-розовые породы. Вблизи контакта аляскитовые граниты состоят из калиевого полевого шпата, кварца и единичных таблечек альбита. В экзоконтактах аляскитовых гранитов известняки мраморизованы, а туфогенные породы ороговикованы.

Одиниты, керсантиты и спессартиты ($\delta\chi D_2$) развиты в виде даек и жил мощностью до нескольких метров, пересекающих все вулканогенные, осадочные и интрузивные породы от силура по средний девон. Лампрофиры макроскопически темно-серые, темно-зеленые, черные мелкозернистые породы. Одиниты сложены альбитом с реликтами сосюритизированного плагиоклаза, роговой обманкой и моноклинным пироксеном.

2.3. Тектоника

[3] Главными структурными элементами района являются Тагильский мегасинклиорий и Верхотурско-Верхисетский мегантиклинорий Уральской складчатой области. Тагильский мегасинклиорий представлен главным образом восточным его крылом, занимающим западную часть района, а Верхотурско-Верхисетский мегантиклинорий-западным крылом, охватывающим пространство восточнее первого. Граница между этими структурами совпадает с субмеридиональным Серовско-Маукским глубинным разломом, в зоне которого развит почти непрерывный пояс интрузий серпентинизированных ультрабазитов. Осевая линия Тагильского

мегасинклинория наиболее четко выражена севернее описываемой территории, где она приурочена к крупной синклинальной структуре, прослеживающейся непосредственно восточнее 60° восточной долготы. В рассматриваемом районе ее продолжение намечается в пределах площади распространения франских известняков на восточной окраине г. Волчанска, а также южнее, вдоль западной рамки планшета. Восточное крыло Тагильского мегасинклинория в рассматриваемом районе имеет сложную складчато-блоковую структуру, характеризующуюся развитием пологих брахискладок и складок линейного типа, рассеченных и усложненных многочисленными разрывными нарушениями. В пределах восточного крыла Тагильского мегасинклинория выявляются две структурно-фациальные зоны: Петропавловская, занимающая крайнюю западную часть района, и Турьинская, располагающаяся непосредственно восточнее ее. Граница между зонами проходит вдоль регионального Волчанско-Шайтанского разлома, идущего в северо-северо-восточном направлении через пос. Шайтанку и вдоль меридионального отрезка долины р. Большой Волчанки. Выше лежащие образования девона представлены главным образом карбонатными и вулканогенно-осадочными отложениями. Пликативные структуры в рассматриваемой зоне представлены линейными антиклиналями и синклиналями с простираем осей на северо-северо-восток и северо-северо-запад. Среди разрывных нарушений в Петропавловской зоне развиты разломы с крутыми (сбросо-сдвиги, взбросо-сдвиги, сдвиги, сбросы, взбросы) и пологими (сдвйго-надвиги, надвиги) падениями сместителей. В Турьинской зоне в нижней части разреза развиты мощные толщи эффузивов спилито-альбитофировой формации венлока. Турьинско-Исовский антиклинорий входит в описываемый район своим северным окончанием и территориально совпадает с площадью распространения образований Турьинской структурно-фациальной зоны. Главными складчатыми структурами, осложняющими этот антиклинорий, являются Верхне-Лобвинская и Верхне-Катасьминская брахиантиклинали, Турьинская, Катасьминская, Гарничная к Восточно-Волчанская брахисинклинали.

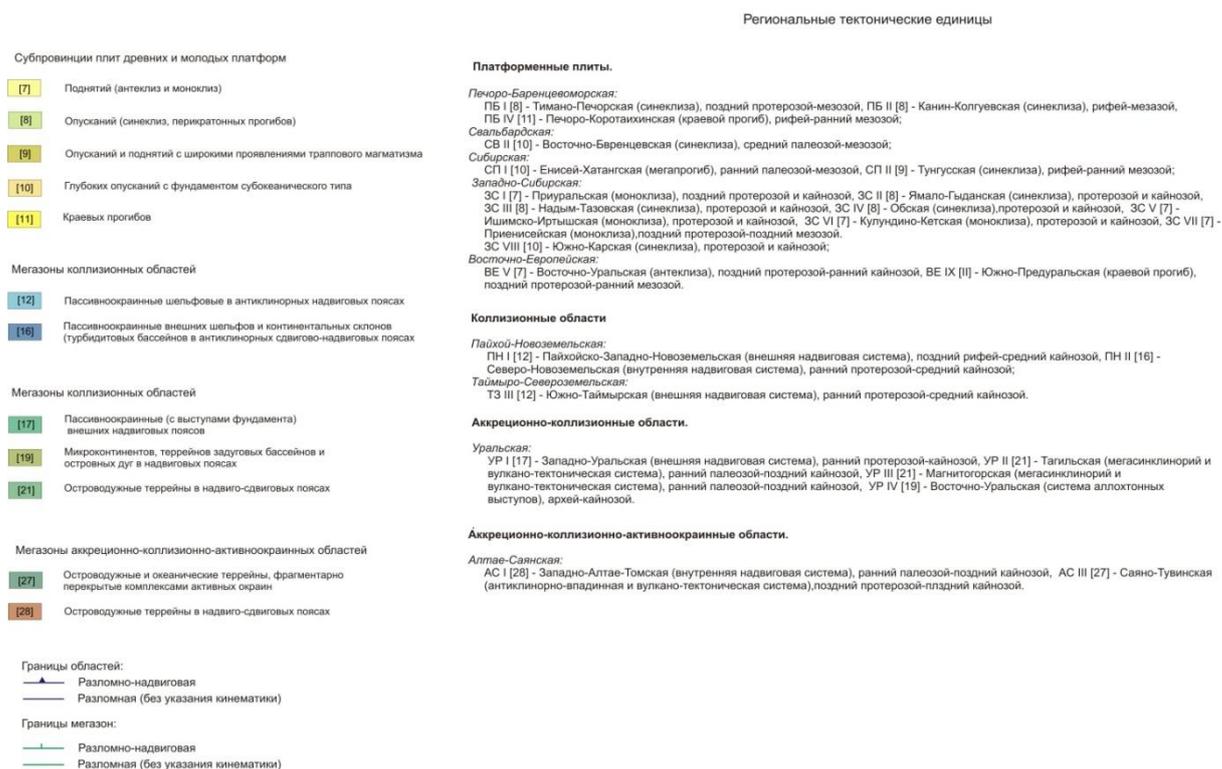


Рисунок 2.1 – Карта тектонического районирования (ВСЕГЕИ)

Ивдельский синклинорий представлен своим южным окончанием, занимающим в пределах рассматриваемого района крайнюю западную часть, соответствующую Петропавловской структурно-фациальной зоне. Среди пликативных структур третьего порядка в его пределах выделяются наиболее крупные и полнее выраженные Карпинская линейная антиклиналь и Восточно-Карпинская линейная синклиналь.

Карпинская антиклиналь, сложенная вулканитами, развита вдоль западной границы района между р. Каквой и г. Липовой. Простираение складки в целом меридиональное. Лишь в южной части оно меняется вначале на юго-восточное, а затем на широтное. Длина складки 23 км, ширина близ южного окончания - 2 км. Северное продолжение антиклинали срезано крупным Коноваловским разломом. Падение восточного крыла пологое под углами 15-40° на восток.

Восточно-Карпинская синклиналь на западе непосредственно примыкает к Карпинской антиклинали, а на востоке рассечена региональным Волчанско-

Шайтанским разломом. Ось складки прослеживается в северо-северо-восточном направлении. Ее ядро сложено слоистыми мелкообломочными вулканогенно осадочными породами и в подчиненном количестве известняками франского яруса. В сохранившемся западном крыле обнажены, известняки и вулканогенно-осадочные отложения эйфельского яруса.

Разрывные нарушения по своему влиянию на структуру района подразделяются на четыре порядка. К нарушениям первого порядка отнесен глубинный Серовско-Маукский разлом. Этот разлом протягивается субмеридионально через центральную часть района и разграничивает Тагильский мегасинклиорий и Верхотурско-Верхисетский мегантиклинорий.

К структурам второго порядка отнесены региональные Волчанско-Шайтанский и Коноваловский разломы. Волчанско-Шайтанский разлом прослежен в северо-северо-восточном направлении по границе Турьинской и Петропавловской структурно-фациальных зон. Это нарушение является сложным длительно живущим разломом глубинного типа. По характеру смещения он является взбросо-сдвигом с крутым (до 60°) восточным и местами почти вертикальным падением плоскости сместителя. Зона разлома представлена интенсивно рассланцованными и дробленными породами с крутыми (60°) и вертикальными углами падениями сланцеватости.

Коноваловский разлом протягивается вдоль восточных окраин городов Волчанска и Карпинска, разделяя Карпинскую и Макарьевскую подзоны Петропавловской структурно-фациальной зоны. Южнее р. Тоты он под острым углом причленяется к Волчанско-Шайтанскому разлому, а севернее описываемого района трассируется в целом меридионально почти на 200 км. Он отнесен к категории глубинных. На большей части района разлом определяется как взбросо-сдвиг с крутым ($60-80^\circ$) восточным падением сместителя. По восточной окраине Волчанской депрессии на границе со слабо уплотненными осадками верхнего триаса он переходит в надвиг-сдвиг с падением сместителя на восток под углами $40-50^\circ$.

К структурам третьего порядка отнесена подавляющая часть разрывных

нарушений, показанных на геологической карте и являющихся оперяющими по отношению к рассмотренным выше разломам первого и второго порядков. Они характеризуются сравнительно небольшой протяженностью (до первых десятков км), но значительными (200-2000 м) амплитудами перемещений. По типу смещений они относятся к взбросам, сбросам, взбросо-сдвигам и сбросо-сдвигам. Наиболее крупным и лучше изученным среди них является Краснотурьинский сбросо-сдвиг. Падение плоскости сместителя на восток (в сторону опущенного крыла) под углами 50-70° установлено на правобережье р. Каквы. Вертикальная составляющая движений 700-900 м. Величина горизонтальных смещений не устанавливается. В верховьях р. Пещерной к зоне разлома приурочен небольшой Пещернинский массив габбро-диоритов. От данного разлома на северо-восток ответвляются Архангельский, Васильевский, Псаревский разломы. Соединяясь с Журавлинским, Суворовским, Северо-Песчанским и другими разрывными нарушениями, идущими в северо-западном направлении от Ауэрбаховского гранитоидного массива, они образуют сложную мелкоблоковую структуру Турьинского рудного поля. Большая часть этих разломов являются взбросами и частично сбросами. Подобная система разрывных нарушений развита в восточном крыле Краснотурьинского разлома и южнее; на участке р. Каквы. Здесь же с запада от Краснотурьинского сбросо-сдвига отчленяются Каквинско-Шайтанский, а от последнего с восточной стороны - Балечкинский разломы, представляющие собой крупные взбросо-сдвиги, вероятно, с левым типом горизонтальных перемещений. Значительные горизонтальные смещения отмечаются и по широтным разломам, причленяющимся у пос. Шайтанки к региональному Волчанско-Шайтанскому разрывному нарушению. В системе разрывов, оперяющих с запада Коноваловский разлом, в пределах Волчанской депрессии наблюдается пологое надвигание восточных крыльев на западные. Разрывные нарушения четвертого порядка имеют небольшую величину и при геологическом картировании по простиранию обычно не прослеживаются. По отношению к более крупным разломам они, как правило, являются оперяющими.

Западно-Сибирская плита

В строении западной окраины Западно-Сибирской плиты, занимающей восточную часть описываемого района, отчетливо выделяются два геолого-структурных этажа: нижний, являющийся кристаллическим фундаментом, и верхний, представляющий осадочный чехол плиты. Кристаллический фундамент сложен в основном верхнепротерозойскими и нижнепалеозойскими метаморфическими породами, прорванными поздне-силурийскими диоритами и позднепалеозойскими гранитами, образующими северное погребенное продолжение Верхотурско-Верхисетского мега антиклинория. На небольших участках непосредственно западнее серпентинитов Серовского пояса основанием чехла плиты являются среднепалеозойские вулканогенные, осадочные и интрузивные образования Тагильского мегасинклинория.

Осадочный чехол плиты сложен главным образом рыхлыми отложениями среднеюрско-четвертичного возраста. Особое положение в нем занимают молассоидные субплатформенные отложения верхнего триаса, известные только в северо-западной части района, много западнее сплошного развития мезозойско-кайнозойских пород. На этом фоне в чехле плиты развивается ряд пологих конседиментационных структур, сформировавшихся в связи с блоковыми движениями кристаллического фундамента вдоль разломов. Морфологически они проявляются в виде валов, депрессий, полувалов, гемидепрессий, моноклиналей, уступов и котловин.

В осадочном чехле плиты, по-видимому, широко распространены разрывные нарушения. Однако в связи с природной сыпучестью и пластичностью осадков и плохой обнаженностью обнаружение их затруднено. Отчетливо фиксируются только Марсятский разлом восточнее пос. Волчанки, южное продолжение Краснотурьинского разлома и еще несколько небольших по амплитуде смещения разрывов. [3]

2.4. История геологического развития и геодинамическая модель Воронцовского золоторудного месторождения

2.4.1. История геологического развития

[3] Геологическое строение Среднего Урала отличается значительной сложностью, что определяется длительной геологической историей формирования Уральской горной страны.

Долгое время на территории Урала существовало море, на дне которого развивались тектонические и вулканические процессы.

Палеозойский этап развития. После длительного морского периода в начале девона началось постепенное отступление Уральского палеоокеана. Породы девонского возраста состоят из известняков, доломитов, песчано-глинистых сланцев и других осадочных пород. В них содержатся различные органические остатки, что свидетельствует о существовании здесь в девонском периоде неглубокого моря. Помимо морских осадочных пород здесь широко распространены вулканические породы, что свидетельствует о продолжающихся в раннем палеозое мощных вулканических извержениях.

Мезо-кайнозойский этап. К началу мезозоя на территории Урала установился длительный период континентального режима. Под воздействием внешних факторов, главным образом, выветривания и эрозии текучих вод, уральские горные сооружения начали разрушаться. Преобладание в этот период влажного и теплого климата способствовало формированию речных долин, интенсивному физическому и химическому выветриванию. В ходе выветривания горных пород накапливались железные и никелевые руды, а на западе области в карбонатных породах сформировались карстовые формы рельефа.

В конце мелового периода и в палеогене вновь наступило море, которое способствовало еще большему выветриванию горного рельефа. В позднем палеогене, вследствие слабых тектонических поднятий, моря покидают территорию. Вновь устанавливается континентальный режим. Горные сооружения Урала в мезозойскую эру были полностью разрушены, и в палеогене на их месте сформировался Уральский пенеплен. Это была слаборасчлененная

равнина, где не было горных сооружений, а остались невысокие сопки и холмы, сложенные наиболее устойчивыми к процессам разрушения породами.

Неоген-четвертичный период. В начале неогена началась эпоха возрождения Уральских гор. Скорость сводовых и глыбовых перемещений была невелика. Не разрушенными оставались только хребты западной части гор, так как они были сложены крепкими метаморфическими породами. Остальные горные цепи по мере их возрождения разрушались в связи с тем, что их горные породы (граниты, эффузивы, осадочные отложения) оказались малоустойчивыми к разрушению.

В современную эпоху (голоцен) геологические процессы продолжаются, они проявляются в незначительных поднятиях и опусканиях земной коры. Происходят на Урале и землетрясения, но рассматриваемая территория не является сейсмически опасной, так как Урал представляет собой древнее устойчивое сооружение. [3]

2.4.2. Региональная геологическая позиция

На Восточном склоне в вулcano-плутоническом поясе субмеридионального простирания расположено Воронцовское месторождение, образованное в результате коллизии Тагильской островной дуги и Восточно-Уральского микроконтинента (Язева и др., 1991). В геологическом строении территории участвуют коллизионные комплексы: Салдинский (докембрийские метаморфиты), Серовский (офиолитовая ассоциация), дифференцированный толеитовый комплекс, известково-щелочные андезиты павдинского комплекса, флишоиды и эффузивы трахит-базальтовой формации туринского комплекса. Калиевые субщелочные эффузивы завершают силурийский островодужный вулканизм. После извержения, которых на Северном Урале наступила амагматичная пауза (пражский век ранний эмс), зафиксированная накоплением толщи краснокаменно-измененных гравелитов и бокситоносных известняков, а также туффитов. В это время на территории Краснотурьинского района происходило накопление однородных светло-серых известняков фроловско-васильевской толщи. Амагматичная пауза датирует время коллизии, включая

причленение островной дуги к микроконтиненту, подъем орогена и размыв латеритных кор выветривания, обдуцирование офиолитов, поскольку первые проявления постколлизийного магматизма датируются поздним эмсом (Язева, Бочкарева, 1993). [4]

Толейты средне-позднеордовикского возраста, представленные однородными базальтовыми толщами в пределах восточной части Салатимской зоны, относят к надсубдукционным образованиям (Иванов, 1998; Петров и др., 2000). Как полагает К.С. Иванов (1998), базальты нижней части Западно-Тагильской зоны формировались в зоне вторичного тыловодужного спрединга. Это мнение обосновывается, в первую очередь, пониженной титанистостью этих образований и отсутствием какой-либо тектонической перестройки между кабанским/шумурским (считавшимся ранее срединно-океаническим) и именновским комплексами. Геохимические особенности (низкие концентрации титана, повышенные концентрации K, Rb, Sr и др.) и петрографические признаки (присутствие большого количества порфировых разностей), а также наличие довольно значительных объемов умеренно-кислых и кислых пород, отсутствие типичных океанических фаций в разрезе ассоциирующих с вулканитами осадков – позволили отнести эти офиолиты к островодужному типу (Петров и др., 1999).

Ю.С. Каретин (1999) рассматривает наиболее ранние магматические комплексы Тагильской зоны как толеит-диабазовый комплекс главной оси спрединга позднеордовикского-раннесилурийского этапа. Предполагается, что вулканизм происходил на сохранявшейся внутри относительно узкого трога древней зрелой несколько утоненной в результате рифтовых растяжений коре. В. С. Попов (1999) относит ранние образования Тагильской зоны к инициальному рифтингу, когда достигалось максимальное частичное плавление мантийного материала, индуцируемое подъемом мантийного диапира. Это был этап максимального раскрытия рифтовых впадин, которое поддерживалось давлением расплава в трещинных каналах. Отсутствие собственно океанических образований связано с тем, что в ордовике-силуре Урал представлял собой протяженный и сравнительно узкий (600–800 км)

морской бассейн рифтогенно-троговой природы (красноморского типа).

Наблюдаемая возрастная последовательность вулканогенных формаций Тагильского прогиба соответствует известной в островных дугах. Офиолитовые комплексы среднего-позднего ордовика сменяются слабоконтрастной базальт-андезит-дацитовая формацией шемурского (южнее – кабанского и красноуральского) комплексов позднего ордовика – лландовери, которые вмещают колчеданные месторождения (в рассматриваемом районе – Валенторское и Галкинское). За ними следуют базальт-андезит-базальт-андезит-риодацитовая формация павдинского комплекса раннего силура и базальт-андезит-базальтовая именновского комплекса позднего силура. Перечисленные известково-щелочные формации сменяются субщелочными контрастно-дифференцированными базальт-трахибазальт-андезит-базальт-трахиандезит-базальт-трахидацитовыми вулканитами и затем слабо дифференцированными трахиандезит-базальт-трахиандезитовыми (шошонит-латитовыми) калиевыми вулканитами туринского комплекса позднего силура-раннего девона (пржидол –локхов) (Чурилин, 1969; Бочкарев, Язева, 2000; Сазонова и др., 2003). Они относятся к магматическим ассоциациям поздних стадий развития островодужной системы, т.е. к ассоциациям зрелой дуги.

О. М. Розен, основываясь на геохимического и изотопно-геохимического исследование вулканитов именновского/павдинского комплекса придерживается теории об энсиматическом характере силурийской островной дуги (Розен и др., 1999). Так же Г. А. Петров предполагает энсиматическую природу этой дуги (Петров и др., 2000). Существует иная точка зрения, которой придерживаются Р. Г. Язева и В. В. Бочкарев (Язева, Бочкарев, 1995). Полагая, что Тагильская дуга возникла как энсиалическая. Н. Б. Кузнецов (1999) предполагает гетерогенный фундамент дуги, в строении которого участвовали как сиалические блоки (отторгнутые от Восточно-Европейского континента), так и меланократовые комплексы. Большинство исследователей поддерживает мнение о падении палеозоны субдукции на восток (в современных координатах) для Тагильского сегмента силурийской дуги (Иванов, 1998, и др.).

В вулканитах туринского комплекса, по отношению к предшествующим базальтам и андезибазальтам, резко возрастают содержания крупноионных литофильных элементов высокозарядных элементов. Для них характерны высокие отношения Zr/Hf, Nb/Ta, La/Sc, Y/Zr и низкие концентрации Cr, Ni, Co, Sc, высокая глиноземистость трахиандезибазальтов и трахиандезитов. Туринские вулканиты имеют наиболее высокие отношения Th/Ta, значительно обогащены крупноионными элементами по отношению к высокозарядным (имеют высокие K/Ti, Ba/Nb, Pb/Nb отношения); это позволяет предполагать значительный вклад коровой компоненты в состав расплавов (Наркисова, 2005).

Геохимические особенности пород поздних стадий развития Тагильской островодужной системы (конец силура – начало девона) свидетельствуют, что по сравнению с предшествующей стадией развития дуги происходит вовлечение в плавление менее деплетированного мантийного субстрата; уменьшение воздействия водного флюида на мантийный субстрат; проявляется контаминация расплавов коровым веществом, особенно для пород туринского комплекса (Сазонова и др., 2003; Наркисова, 2005). Для того, чтобы обеспечить относительно высокую степень плавления мантийного субстрата в отсутствие мощного флюидного воздействия, необходим дополнительный источник тепла. Его мог обеспечить подток фертильной астеносферы, проявившийся в момент стабилизации субдукции и мантийной деструкции погружающейся пластины, как это предполагается в модели (Shervais, 2001).

Чуть позднее, в период новой резкой активизации магматических процессов, базальтоидный субщелочной магматизм зрелой островной дуги сменился андезитоидным известковощелочным. В краснотурьинской части коллизионной структуры проявления андезитового вулканизма совпали с локальным размывом мощных эмских известняков фроловско-васильевской толщи, отложением флишоидных известковистых туффитов и туффопесчаников.

Выше толщи туффитов (и севернее) залегают пирокластические богословская и новопесчанская толщи, объединяемые вместе с эмскими известняками и вышеописанными вулканитами в краснотурьинский

андезитовый комплекс (эмс-ранний эйфель); еще дальше на север последний перекрыт туфами взвозной и макарьевской трахиандезито-базальтовых толщ (Лисов, Коровин, 1969). Сохранившаяся мощность всех эффузивных накоплений девона составляет примерно 4–5 км. Пражские известняки, андезиты и туффиты эмса пересечены роями даек калиевых базальтов, трахиандезито-базальтов и габбро-диабазов, роговообманковых и биотитовых лампрофиров. В петрохимическом отношении вулканические породы краснотурьинского комплекса представлены андезитами и андезито-дацитами нормальной и повышенной щелочности. Вулканиды взвозной и макарьевской толщ, перекрывающие краснотурьинский комплекс, петрохимически близки между собой и различаются только степенью краснокаменных изменений и относительными объемами андезитоидных составов. Среди эйфельских вулканидов как в Краснотурьинском, так и в более северном Ивдельском районах преобладают калиевые андезито-базальтовые и базальтовые разности повышенной щелочности. Геохимические параметры всех эффузивов постколлизийного пояса характеризуют их как образования окраинно-континентальных обстановок (Кузьмин, 1985). Плутонические умереннокислые породы района также многофазны. Среди них выделены верхнелобвинский и ауэрбаховский комплексы, объединяющиеся между собой серией мелких (0.5–40 км²) штокообразных массивов (Ферштатер и др., 1984; Коровин, Лисов, 1969;). Их комагматизм с эффузивами и доказываемся общностью минералогии, химизма и геологической позиции (Коржинский, 1948; Лисов, Коровин, 1969; Малахова, Чурилин, 1972).

Диоритовые порфириды и гранодиориты верхнелобвинского комплекса прорывают основные вулканиды нижнего силура, плагиогранит-порфиры, габбро и гипербазиты, т.е. залегают среди пород фундамента. Гранитоиды Ауэрбаховского массива и его саттелитов проникают выше по разрезу, образуя активные контакты с эффузивами и известняками пражского яруса, эмса и нижнего эйфеля. Обломки гранитоидов присутствуют в верхнеэйфельских конгломератах (Коровин, Лисов, 1969). Начальные фазы Ауэрбаховского

массива (габбро-диориты) по структуре и составу схожи с породами субвулканических фаций эйфельского взвозного комплекса; представленные крупнокристаллическими гранодиоритами и кварцевыми сиенодиоритами, а завершилось формирование всего комплекса внедрением небольших порций высококалийевых ортоклазовых гранит-порфиров.

Сравнивая составы и относительный возраст эффузивных пород и плутонов, можно отметить, что главным фазам вулканических проявлений отвечают соответствующие интрузивные образования. Андезитам краснотурьинского комплекса наиболее близки по химизму гранитоиды Верхнелобвинского массива и его аналогов, а гранитоидам ауэрбаховского комплекса соответствуют субщелочные эффузивы взвозной и макарьевской толщ. От аналогичных образований Приполярного и Полярного Урала (Язева, Бочкарев, 1984; Бочкарев, 1990) описанные вулкано-плутониты отличаются сквозным характером субщелочных разностей, что может быть обусловлено большей ролью зрелых островодужных и континентальных террейнов в коллизионной структуре их фундамента. Все магматиты девонского этапа коллизии представлены вулкано-плутоническими ассоциациями, в которых интрузивы подчинены или соизмеримы по объему с эффузивными составляющими. Главные фазы тех и других имеют андезитоидный состав, базальты играют заметную роль лишь в завершающих вулканических проявлениях, а габбро – в ранних фазах комагматичных плутонов.

Вспышка андезитоидного постколлизионного магматизма на Северном Урале была относительно краткой. Уже в позднем эйфеле, живете и фране на описанной территории и севернее ее до Приполярного Урала и на прилегающей площади современного Зауралья и Западно-Сибирской низменности происходило накопление мощных красноцветных молассоидов и известняков с признаками размыва и переотложения латеритных кор выветривания (Шатров, 1982; Шуб, 1983; Криночкин, 1987).

С раннекаменноугольным этапом коллизионных процессов в североуральском регионе связаны дислокации пражско-эйфельских вулканитов

и известняков, подновление девонских надвигов. Постколлизийные магматиты этого этапа представлены плутонами тоналит-гранодиоритовой формации, главная масса которых (Верхотурский, Новолялинский и др.) обнажена в пределах континентального Салдинского блока (см. рис.1).

Заключительная гиперколлизия, сформировавшая в ранней перми Уральский ороген, на описываемой территории проявилась в дальнейшем усложнении структуры, а магматиты этого этапа представлены исключительно палингенными гранитами, которые располагаются восточнее раннекаменноугольных, под чехлом рыхлых отложений Западно-Сибирской плиты. Таким образом, постколлизийный магматизм, впервые появившийся в эмсе, поэтапно мигрировал в восточном направлении, т.е. вглубь активной континентальной окраины. [4]

2.4.3. Воронцовское золоторудное месторождение, как месторождение активной континентальной окраины.

[3] На восточном склоне Северного Урала в связи с андезитойдным вулканоплутоническим комплексом, сформировавшимся после раннедевонской коллизии (Язева, Бочкарев, 1993), известны следующие типы золотого и золотосодержащего оруденения: медно-железо-скарновое, медно-порфировое, золотокварцевое с околорудными метасоматитами березиг-лиственитовой формации, золотое прожилково-вкрапленное (нетрадиционное), связанное главным образом с метасоматитами кварц-серицитовой формации, а также с джаспероидами в зоне сопряжения надвига с субвертикальными параллельно ориентированными разломами. Последнее оруденение наложено на рассматриваемый пояс.

Предметом дискуссий является происхождение карлинских руд. Североамериканскими геологами было предложено три взаимоисключающие гипотезы их происхождения. Одна группа исследователей, полагая, что внедрение магмы вызвало циркуляцию флюида и рудные компоненты поступали из магматического очага отстаивают магматогенную природу этих руд (Sillitoe, Bonham, 1990). Также существует мнение, что рудные компоненты с флюидом

извлекались из вмещающих пород при их региональном метаморфизме (Phillips, Powell, 1993). В недавнее время была сформулирована амагматическая концепция формирования месторождений этого типа вследствие региональной циркуляции минералообразующего флюида, обусловленной процессами растяжения земной коры (Ilchik, Barton, 1997).

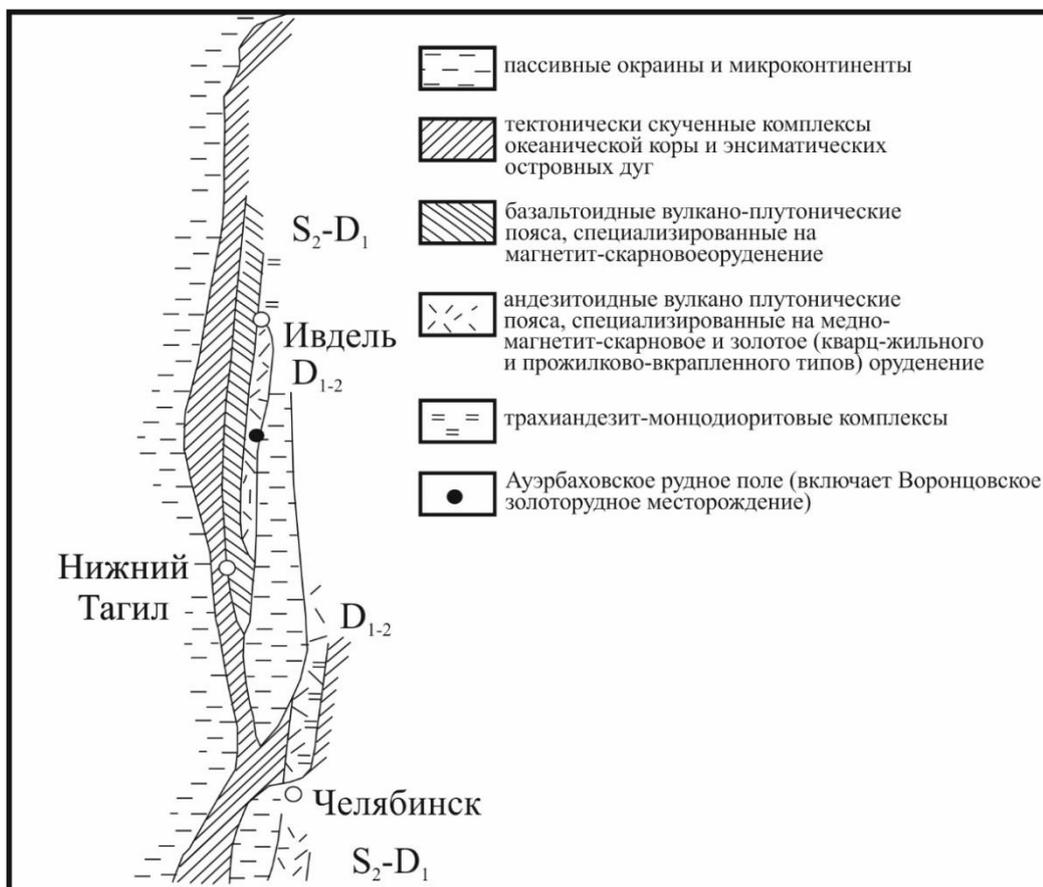


Рисунок 2.2 – Схема размещения структурно-вещественных комплексов Урала по (Сазонов и др., 1993) [3]

Воронцовское месторождение расположено в пределах андезитоидного вулканоплутонического пояса (см. рис. 2.2) субмеридионального простирания с усложненными дизъюнктивной тектоникой границами. Этот пояс образовался в результате столкновения Тагильской островной дуги с Восточно-Уральским микроконтинентом (Язева и др., 1991). В настоящее время андезитоидный пояс – палеовулканическая гряда, сложенная преимущественно андезитоидами Dj.2 (Язева, Бочкарев, 1993).

Комагматичные им интрузии представлены кварцевыми гранодиоритами и диоритами, незначительно развиты габбро. Первые проявления андезитового

вулканизма в районе совпали с размывом пражских известняков, отложением "ленточных" известковистых туффитов и туфопесчаников. Мощность пород андезитоидного пояса составляет 4-5 км. Породы андезитоидного пояса перекрываются туфами трахиандезит-базальтовой толщи. Известняки, андезиты и туффиты пересекаются дайками базальтов, трахиандезит-базальтов и габбро-диабазов. По современным представлениям, этот пояс сформировался в режиме активной континентальной окраины (Сазонов и др., 1996; Язева и др., 1991). Во всех интрузивных породах (от габбро до гранитов) установлено повышенное содержание калия. Состав и характер фракционирования РЗЭ в плутонитах главной фазы комплекса (Язева, Бочкарев, 1993), геолого-тектоническое моделирование развития последнего (Огородников, Сазонов, 1992) указывают на базальтовый базис представляющих его пород.

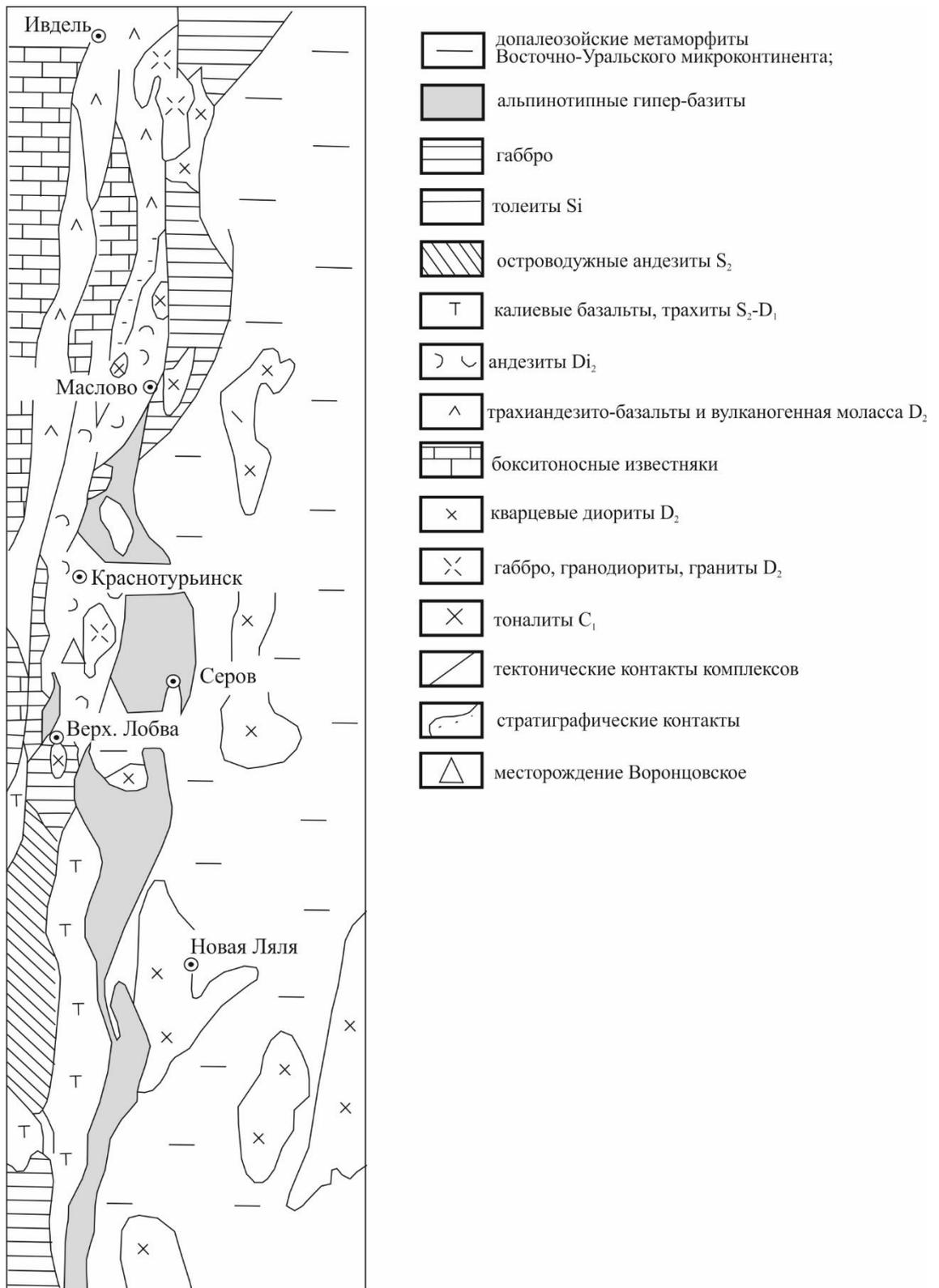


Рисунок 2.3 – Схема строения Турьинско-Ауэрбаховского района [3]

Образования вулcano-плутонического пояса залегают на докембрийских метаморфических породах (Салдинский блок) и существенно вулканогенных толщах островной дуги (см. рис. 2.3). Последние на юге района представлены известковощелочными андезитами и андезито-базальтами (павдинский

комплекс венлокского возраста). Силурийский островодужный вулканизм завершается калиевыми субщелочными эффузивами. Вулканогенно-осадочные породы прорваны штокообразными массивами умеренно кислых пород. В южной части вулканоплутонического пояса обнажен Ауэрбаховский интрузив габбро-диорит-гранодиоритовой формации D₂. Он расположен вблизи плоскости крупного надвига. Состав этого интрузивного массива сложный. Он состоит из диоритовых порфиритов, гранодиоритов, а также плагиогранит-порфиров и габбро.

Месторождение расположено в юго-западной экзоконтактовой части Ауэрбаховского крупного плутона размером 15 x 6 км (см. рис. 2.4;2.5). Плутон характеризуется зональным строением: магматические породы, его слагающие, закономерно сменяются от габбро до гранитов. Вулканогенно-осадочные породы на площади месторождения слагают моноклираль, пологопадающую на запад и погружающуюся на север. В основании этой структуры залегают известняки с прослоями туффитов и алевролитов мощностью около 1 км. Эта толща согласно перекрывается вулканогенно-осадочными породами: туфоатевролитами, туффитами, порфиритами и туфами андезитового состава. На контакте известняков с последними породами развиты брекчии, обломки которых - известняки - цементируются вулканогенными (Коржинский, 1948), вулканогенно-осадочными, осадочными образованиями. Вулканогенный цемент имеет андезитовый состав. На контакте с интрузией известняки мраморизованы; отчетливо проявлен роговиковый ореол. В приконтактовой зоне интрузии (в известняках, вулканогенных, вулканогенно-осадочных породах, известняковых брекчиях и в ней самой) полосами и пятнами располагаются скарнированные породы.

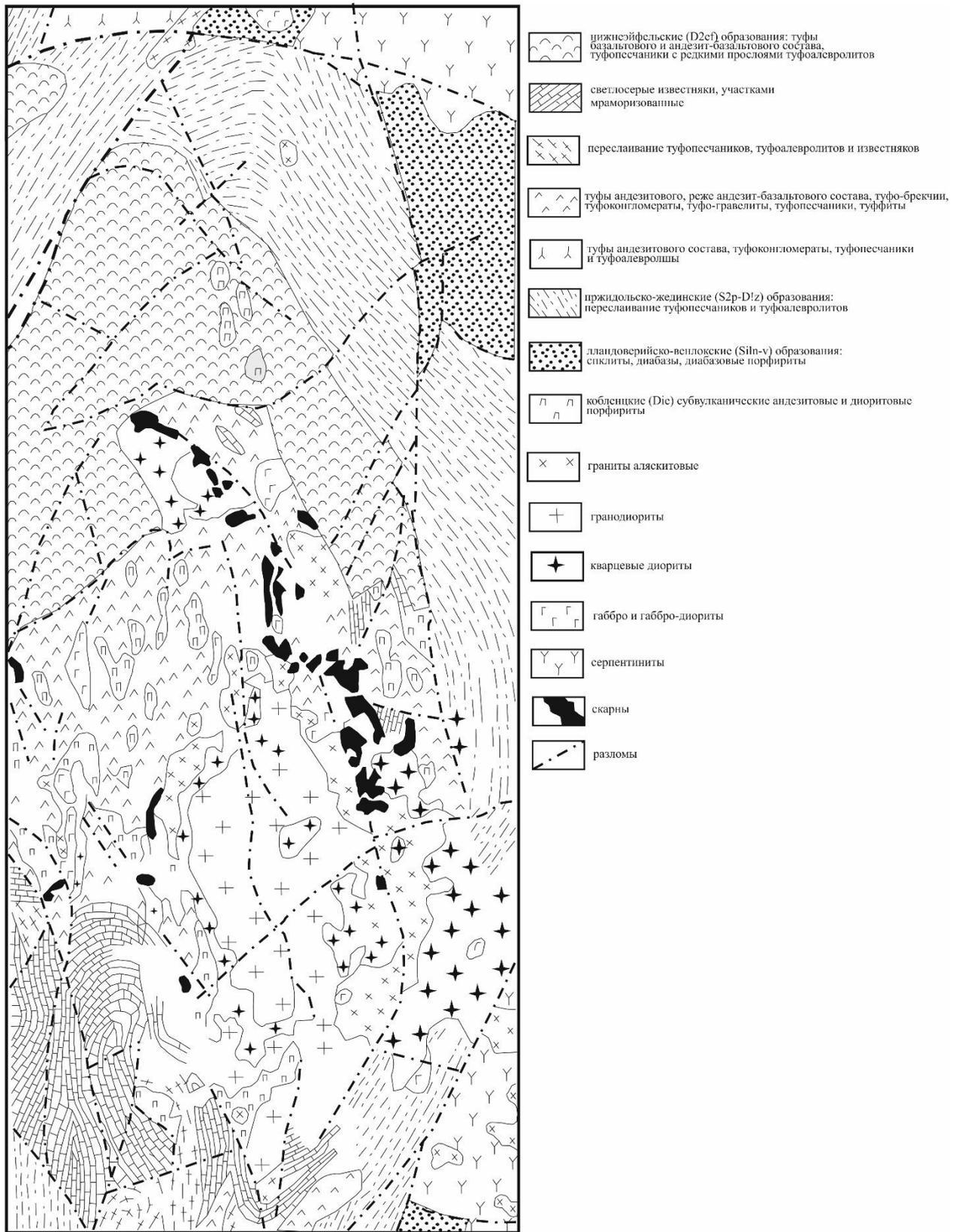


Рисунок 2.4 – Геологическое строение района-эталона развития оруденения, сопряженного с вулканоплутоническим комплексом андезиитоидного пояса по (Лисов, 1978) [3]

Месторождение контролируется зоной сочленения крутопадающего субмеридионального разлома и надвига. Обе эти структуры - долгоживущие: они неоднократно активизировались в период от 380 до 330 млн лет (Сазанов и др., 1991). На площади месторождения в различное время интенсивно проявлялись процессы дизъюнктивной тектоники. В результате сформировалась густая сеть разломов различного возраста: от ордовикских до раннекаменноугольных, возможно, до мезозойских. Главный рудоконтролирующий разлом является надвигом. Другие разломы представляют собой сдвиги и сбросы. Часть разломов контролирует дайки калиевых базальтов и габбро-диабазов.

Рудные тела - золото кварцевые жилы и прожилково-вкрапленные зоны образовались после внедрения даек. Протяженность золото-кварцевых жил достигает 200 м, мощность - от нескольких сантиметров до 0.5-1 м. Они локализованы в породах вулканоплутонического пояса, а также в медно- и железоносных скарнах. Практический интерес в настоящее время представляет зона минерализации, сформировавшаяся на контакте известняков с туффитами. Рудные тела выделены по результатам опробования на золото. Они включают отмеченные выше минерализованные брекчии, скарны, известняки, березиты-листвениты, кварц-серицитовые метасоматиты, а также породы туфосланцевой толщи, перекрывающей известняки. Рудное тело контролируется зоной надвига (рис. 2.6). Золоторудная минерализация приурочена к участкам сочленения надвига с крутопадающими на запад дизъюнктивными структурами, часть из которых контролирует дайки основного и, в меньшей мере, среднего состава.

Распространению руд на запад препятствует субмеридиональная крутопадающая зона разлома. В плане рудная залежь имеет форму вытянутой ленты, протягивающейся в субмеридиональном направлении. Рудоносные зоны подверглись тектоническому воздействию: дроблению и (или) рассланцеванию.

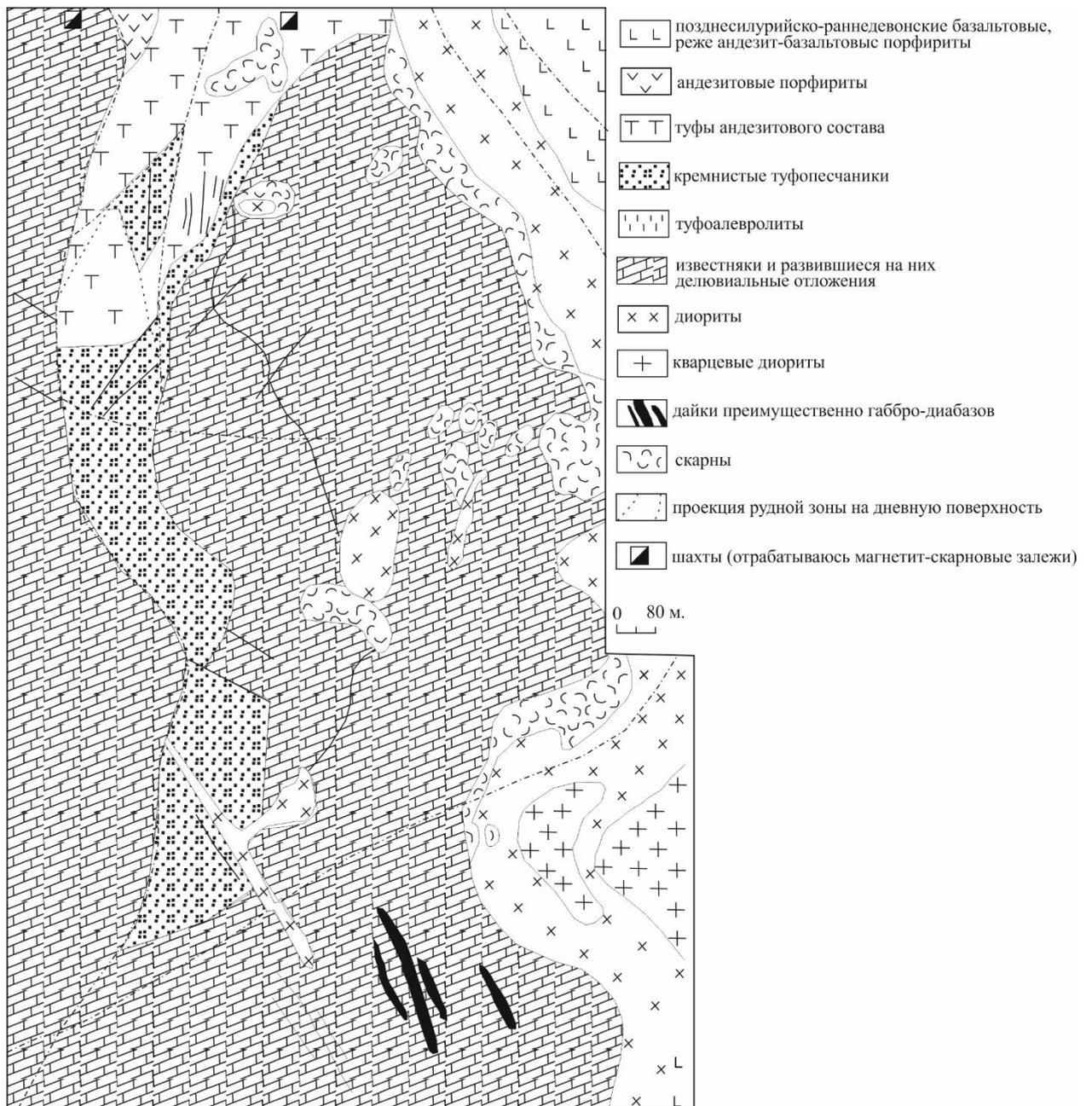


Рисунок 2.5 – Схема геологического строения Воронцовского золоторудного месторождения

[3]

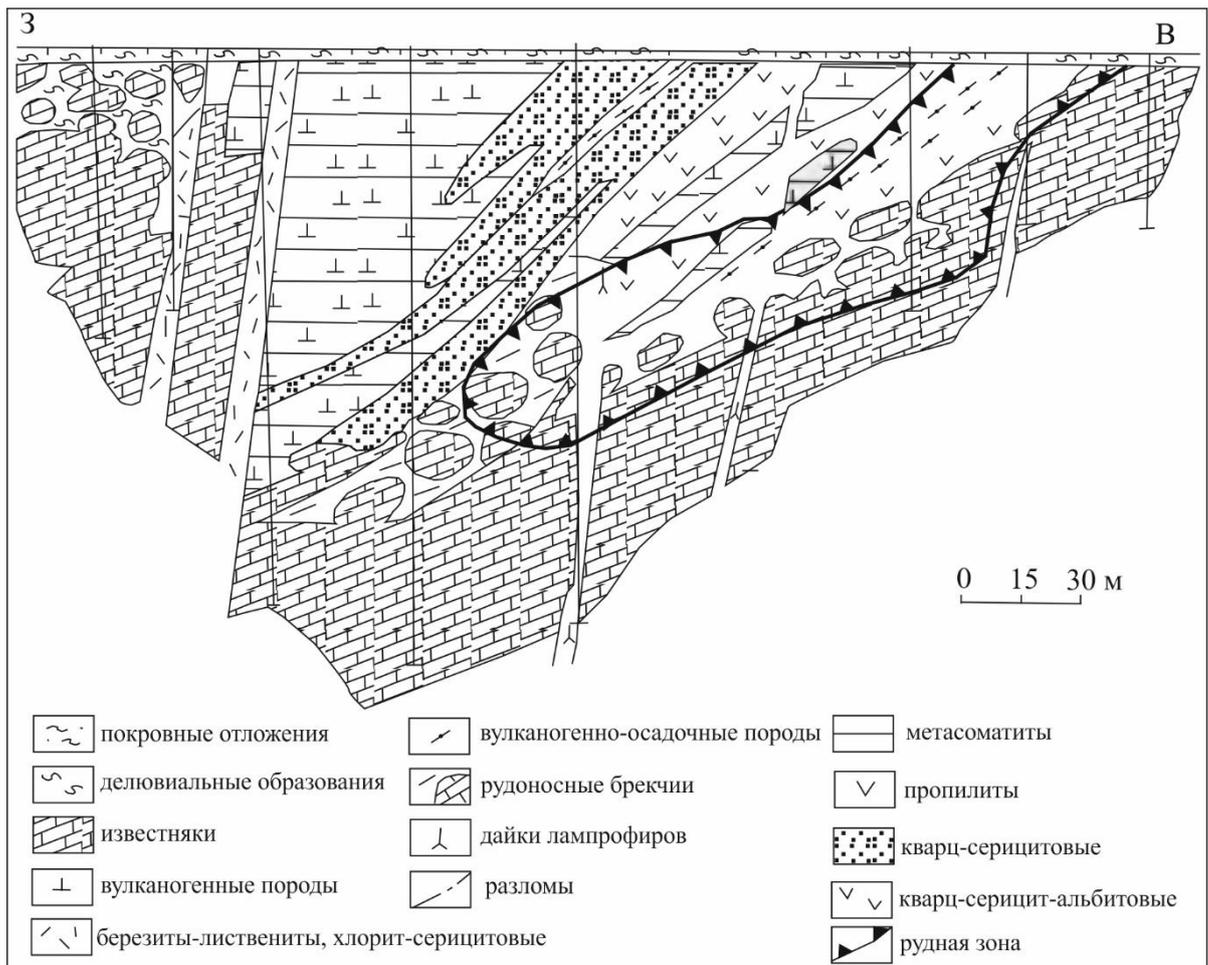


Рисунок 2.6 – Типовой геологический разрез Воронцовского месторождения [3]

2.5. Геоморфология

[14] Изученная площадь расположена в зоне сочленения холмисто-увалистого восточного склона Урала и Западно-Сибирской низменности. По комплексу морфогенетических признаков здесь выделяются три геоморфологических района: остаточные горы восточного склона Урала, отпрепарированный зауральский пенеплен и континентально-морская аккумулятивная равнина.

Остаточные горы расположены в западной части площади в пределах открытого палеозоя. Характерен холмисто-увалистый тип рельефа с чередованием меридионально вытянутых гряд холмов и увалов и расчленяющих их лощин и долин. Холмы и увалы имеют сглаженные вершины с абсолютными отметками 240-380 м и пологие задернованные, склоны. Лощины плоские и обычно заболоченные. Размеры холмов, увалов и лощин составляют в длину 1-5

км, в ширину 0,5-1 км. Положительные формы рельефа приурочены в основном к выходам вулканогенных пород, отрицательные- к осадочным и отчасти интрузивным породам среднего палеозоя.

На склонах увалов и в лощинах широко развита мощная кора выветривания верхнемезозойского возраста.

Отпрепарированный зауральский пенеппен примыкает с востока к району остаточных гор в виде двух узких (1-2 км) сливающихся на юге полос. В целом эта часть площади по характеру рельефа представляет собой равнину со слабо всхолмленными междуречьями, имеющими абсолютные отметки 130-180 м. Сложена она метаморфизованными гипербазитами и характеризуется широким развитием коры выветривания мезозойского возраста.

Континентально-морская аккумулятивная равнина в зависимости от преобладания рельефообразующих факторов и сохранности форм подразделена на палеоген-четвертичную континентально-морскую аккумулятивную равнину и среднечетвертичную водно-ледниковую аккумулятивную равнину.

Перечисленные равнины под влиянием эрозионной и аккумулятивной деятельности современных рек подверглись значительной переработке. Заложение речных долин произошло, по-видимому, в среднем плейстоцене, а в голоцене, они приобрели современный облик. В западной и центральной частях района в пределах остаточных гор и отпрепарированного зауральского пенеппена долины врезаются в палеозойский фундамент и имеют горный характер (р. Большая, р. Волчанка, р. Турья, р. Каква и р. Лобва). Они обладают резкой изменчивостью направления, большим количеством перекатов, значительным падением зеркала воды (0,9-2,0 м/км), чередованием каньонообразных, V-образных участков долин шириной 0,2-0,6 км (с высотой склонов 15-60 м) с участками резко выраженного асимметричного строения долин шириной 1-2 км. Террасовый комплекс этих долин сохранился в виде фрагментов, за исключением низкой и высокой пойм. Надпойменные террасы (туринская, камышловская) имеют эрозионно-аккумулятивный характер. В их цоколе выходят скальные обнажения палеозойских пород. Высота бровки туринской

террасы над урезом реки составляет 7-15 м, а камышловской- 22-25 м. У долин рр. Сосьвы, Лобвы и Турьи устанавливается еще исетская терраса с высотой бровки 25-45 м. Эта терраса имеет эрозионно-структурный характер.

В восточной части района на площади сплошного развития мезозойско-кайнозойских отложений долины приобретают типично равнинный характер. Они резко расширяются (до 2-7, реже 12 км), приобретают выработанный профиль равновесия и ящикообразный поперечный разрез. Падение зеркала воды уменьшается (0,09 м/км). Террасовый комплекс имеет почти сплошное развитие. Надпойменные террасы (туринская и камышловская) приобретают аккумулятивный характер и только исетская терраса носит эрозионно-структурный характер. Высота бровки террас над урезом реки значительно понижается: у туринской террасы до 3,5-6 м, у камышловской 8-12 м и у исетской 25-27 м.

К характерным микроформам рельефа относятся карстовые пещеры и воронки, в известняках. Пещеры встречены в прирусловой части р. Каквы в виде, узких коридоров длиной 6-8 м. Воронки имеют диаметр 3-4 м и глубину 10 м. Наряду с поверхностным карстом в районе широко развит не выраженный в рельефе подземный карст. Максимальная глубина его распространения 75 м.

Из других форм рельефа выделяются тектонические уступы высотой до 2м. Один из них наблюдается от верховьев р. Большой Волчанки до верховьев р. Лимки, а другой- южнее пос. Шайтанки. В пределах открытого палеозоя на вершинах увалов встречаются крупные останцовые скалы палеозойских пород высотой 5-10 м. Деятельностью человека в процессе добычи полезных ископаемых созданы такие формы рельефа, как карьеры и отвалы. [14]

2.6. Гидрогеология

[14] Гидрогеологические условия района работ определяются его положением в пределах Уральской системы бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости и западной окраины Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Для изучаемой территории части Тобольского артезианского бассейна

характерны следующие типы подземных вод: пластово-поровые, трещинные, трещинно-карстовые, трещинно-жильные.

1. Водоносный нижнеэоценовый (серовский) горизонт P¹²

Отложения представлены опоками кремнистыми и глинистыми. Водобильность неравномерная, наибольшие дебит 47,0 л/с, минерализация от 0,2 до 1,4 г/л в зависимости от глубины горизонта, жесткость от 0,4 до 3,0 мг-экв. Воды относятся к классу хлоридно-гидрокарбонатных натриево-кальциевых.

Опоки серовской свиты залегают на отложениях марсятской свиты, а в районе Марганцовского участка – на меловых песчаниках. Средняя мощность опокового горизонта 5 м. Диатомиты протягиваются в виде полосы, имеют мощность до 3.5 м.

2. Водоносный коньяк-маастрихский комплекс К.

Отложения представлены глауконит-кварцевыми песками, гравийными конгломератами на опоковом и кремнистом цементе. Дебиты колеблются от 0,5 до 45 л/с при понижениях 5,6 – 27,6 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или хлоридно-гидрокарбонатные натриево-магниевые с минерализацией 0,2-0,5 г/л и общей жесткостью 0,2-5,9 мг-экв.

Четвертичные образования развиты повсеместно и представлены аллювиальными, делювиальными, элювиальными, озерно-болотными, пролювиальными отложениями и техногенными образованиями. Мощность делювия от 1.0 до 15,0 м, озерно-болотных до 25,0.

Для изучаемой площадки характерны пластово-поровые, пластово-трещинные воды, приуроченные к песчаникам и алевролитам глауконит-кварцевого состава. Воды безнапорные. Мощность водоносного горизонта (вскрытая разведочными скважинами) составляет от 15 до 30 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод от 9,0 м (144,0) до 23 м (140,0). Продуктивным горизонтом подземных вод является пласт верхнемеловых кварцево-глауконитовых песков и песчаников. По региональным данным фоновые водопитоки к скважинам составляют 1-3 л/с. Для площади существующего

водозабора, характерно развитие пластово-поровых и пластово-трещинных вод, приуроченных к кремнистым и глинистым опокам, песчаникам и алевролитам глауконит-кварцевого состава. Воды безнапорные, но участками возможны безнапорно-напорные. Мощность водоносного горизонта 6,0 - 24,0 м. Глубина залегания уровня подземных вод колеблется от 10,0 до 2,0 м. Для изучаемой территории в прирезке северо-западной площади подземные воды встречены спорадически, в скважинах № 10,12,15,16, установившийся уровень пластово-трещинного водоносного горизонта зафиксирован на глубине 9,6 – 14,0 м, на абсолютных отметках 146,29 – 155, 27 м близок к среднему многолетнему. Амплитуду колебания уровня подземных вод можно принять $\pm 0,5 - 1,0$ м. [14]

3. Вещественный состав руд Воронцовского месторождения

[4] Выделены природные типы руд: первичные вкрапленные и прожилково-вкрапленные – в известняках и вулканогенно-осадочных породах; окисленные – в структурных и перемещенных в карстовые провалы корах выветривания. Все типы и подтипы руд характеризуются одинаковым распределением содержаний золота: в ~20 % проб содержание золота выше 5 г/т Au и в ~10% проб – выше 10 г/т (Murzin et al., 2017).

3.1. Гипогенные руды месторождения

Руды месторождения локализованы в кварц-серицитовых метасоматитах и аргиллизитах (табл. 4). Первые представлены кварц-серицитовыми, кварц-серицит-альбитовыми, кварц-серицит-хлоритовыми породами, развитыми вдоль зон разломов; в карбонатных брекчиях подобные метасоматические изменения развиты преимущественно по их цементу. Характер первичных руд (70 % запасов золота) – вкрапленный и прожилково-вкрапленный с сульфидами (пирит, арсенопирит), содержание сульфидов 3-8 об.%. Золото в основном тонкое (менее 0.1 мм). Основным компонентом руд является золото, попутным – серебро.

Колчеданоподобная стратиформная минерализация не имеет самостоятельного промышленного значения и представлена: (1) тонковкрапленными существенно пиритовыми (\pm гематит) послойными скоплениями в алевролитах и туфопесчаниках и (2) халькопирит-сфалерит-пиритовыми полосчатыми выделениями в карбонатных брекчиях. В первом типе на вкрапленный послойный и рассеянный тонкозернистый пирит, развитый в слоистых терригенных породах, могут накладываться арсенопирит и некоторые другие сульфиды (см. ниже), а также окварцевание и карбонатизация. Очевидно, родственными колчеданным линзам являются встречающиеся в вулканогенно-осадочной толще яшмоиды (обр. Вр4). Второй колчеданоподобный тип минерализации образован рассеянной сульфидной вкрапленностью в «осадочном» (туфогенном) цементе карбонатных брекчий. Он также может

испытывать частичное перераспределение при наложенных процессах скарнирования и окремнения.

3.1.1. Вкрапленные золото-магнетит-сульфидные руды в известковых скарнах

Золотосодержащие магнетит-сульфидные руды в гранатовых, пироксен-гранатовых и эпидотовых скарнах на Воронцовском золоторудном месторождении пользуются небольшим распространением, развиваясь преимущественно на его северном фланге и, в еще меньшей степени, - в центре и на южном фланге. Скарны приурочены к контактам небольших тел диоритов или даек среднего и основного состава с известняками, нередко слагают прослои в туфогенных породах. Значительно шире они развиты к востоку, вдоль контакта Ауэрбаховской интрузии, где известен ряд хорошо описанных скарново-магнетитовых месторождений – группы Воронцовских, Песчанских и др. (Коржинский, 1948; Овчинников, 1948; 1960 и др.). Скарновые руды, содержащие 0.5-1.5 г/т (до 6 г/т) Au, представлены вкрапленностью магнетита и до 10 об. % сульфидов (пирит, пирротин, халькопирит, подчиненные сфалерит и галенит).

На площади месторождения, вне контура рудой зоны, известны также единичные тела золотоносных волластонитовых скарнов малой мощности среди известняков, несущие вкрапленную серебро-полиметаллическую минерализацию, представленную арсенопиритом, пиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, пираргиритом, теллуридами Ag (Сазонов и др., 1991). Другой редкий тип золотоносных скарнов встречается в зоне эндо- и экзоконтакта небольшого тела диоритов на южном фланге месторождения. Эти скарны (скарноиды) гранат-эпидотового и кальцит-гранат-эпидотового состава несут вкрапленность халькопирита, борнита, теллуридов Ag, Au, Hg (гессит, колорадоит, калаверит, алтаит, теллурувисмутит) и самородного золота.

3.1.2. Вкрапленные золото-полиметаллические руды в джаспероидах

В случае сильного окремнения известняки (или мраморы) преобразуются в

джаспероиды. Минерализованные золотоносные тела джаспероидов мощностью от первых десятков сантиметров до 1-2 м и протяженностью до 10-15 м располагаются преимущественно на северном и южном окончаниях контура промышленных руд северного (основного) участка месторождения. С кварцевой фацией джаспероидов сопряжена сульфидная полиметаллическая минерализация, представленная густой вкрапленностью (местами вплоть до небольших тел густовкрапленных до сплошных руд) пирита, сфалерита, халькопирита, галенита, блеклой руды в окварцованных туфоалевролитах

Таблица 3.1 – типы руд Воронцовского месторождения [4]

№ пп	Минеральный тип руд		Метасоматические изменения	
			Исходный	Тип сорудных изменений
1	страти- формный колчедано- подобный	тонковкраплен- ный пиритовый	алевролиты, туфопесчаники	гидротермально-осадочные окварцевание и серицитизация
2		тонковкраплен- ный халькопирит-	карбонатные брекчии	
3	вкрапленный золото- магнетит-сульфидный		мраморы, алевролиты	гипогенные скарнирование, пропицитизация окремнение, доломитизация (джаспероиды) пропицитизация, окварцевание, серицитизация аргиллизация окварцевание, серицитизация
4	вкрапленный золото- полиметаллический			
5	тонковкрапленный золото- пирит- арсенопиритовый			
6	золото-сульфидно-глинистый			
7	тонковкрапленный золото- пирит-реальгаровый			
8	золото-оксидно-глинистый		в осн. карбонатные породы	гипергенное окисление, выщелачивание, гидратация, гидролиз

и известняках; местами в ассоциации с галенитом и теннантитом встречаются айкинит, виттехинит и самородное золото. С доломит-анкеритовой фацией джаспероидов ассоциирует малосульфидная (до 2-3 об. % сульфидов) сульфосольно-полиметаллическая минерализация, представленная рассеянной вкрапленностью пирита, арсенопирита, сульфидов и сульфосолей Cu, Zn, Pb в брекчированных известняках, туфоалевролитах, реже в измененных дайках. Геохимический спектр руд - Ag, Pb, Zn, Cu, Sb, S. Отношение Au/Ag значительно менее 1.

3.1.3. Тонковкрапленные золото-пирит-арсенопиритовые руды в туфопесчаниках и туфоалевролитах

Характерны для верхних частей рудоносной зоны. Игрют существенную роль в структуре запасов месторождения. В большинстве своем руды представлены слоистыми кремнистыми, кремнисто-карбонатными туфопесчаниками, туфоалевролитами, мелкообломочными туффитами с рассеянной вкрапленностью пирита, арсенопирита и других сульфидов, содержание которых варьируется от 3-5 до 20-30 об. %, а размеры зерен редко превышают 0.2 мм. По данным В. Н. Сазонова (Сазонов и др., 1998), вулканогенные и вулканогенноосадочные породы месторождения и его ближайшего окружения претерпели неоднократные метасоматические изменения площадного распространения, а также локального в зонах разломов. Эти изменения выразились в пропилитизации (эпидот-хлоритовая фация) и последующем развитии кварц-серицитового метасоматоза и нарастании концентрации золота, достигающей в пропилитизированных породах 4 г/т.

В контур промышленных золотых руд попадают вулканогенно-осадочные породы с наибольшей степенью аргиллизации (см. ниже) и кварц-серицитовых изменений. Здесь содержания золота могут возрастать на 1-2 порядка. Продуктами несколько более высокотемпературных изменений являются кварц-серицитовые, кварц-серицит-альбитовые, кварц-серицит-хлоритовые породы с рассеянными в них пиритом, арсенопиритом, иногда леллингитом, реальгаром, самородными мышьяком и золотом, блеклой рудой и другими более редкими минералами. Местами окварцованные и серицитизированные туфопесчаники и туфоалевролиты рассечены сетью карбонатных, кварц-карбонатных прожилков. В этих прожилках сульфиды и частицы самородного золота редки, однако размер их достигает 1 мм. В других случаях порода разбита трещинами, заполненными крупными агрегатами самородного мышьяка и реальгара.

3.1.4. Тонковкрапленные золото-пирит-реальгаровые руды в карбонатных брекчиях

Сульфидизированные брекчированные известняки являются наиболее

продуктивными золотоносными образованиями. Они развиты в центральной части месторождения на самых глубоких горизонтах. Обломки брекчий представлены в различной степени перекристаллизованными и мраморизованными известняками. Цемент брекчий сложен измененным карбонатно-туфогенным материалом. Породообразующие минералы цемента брекчий практически те же, которые слагают руды в вулканогено-осадочных породах. К реликтовым минералам вулканических пород относятся пироксен и плагиоклаз. Вулканогенный материал брекчий претерпел метасоматические изменения пропилитового и кварц-серицитового типов; карбонатная составляющая цемента брекчий так же, как и обломки, перекристаллизованы с образованием крупнозернистых агрегатов кальцита. Продукты метасоматоза пропилитового типа представлены актинолитом, хлоритом, кварцем, калиевым полевым шпатом, альбитом, волластонитом, пиренитом, пумпелиитом. Метасоматоз кварц-серицитового типа сопровождается повышением содержания кварца, появлением серицита модификации $2M_1$, кальцита, барита, апатита. Реликтовый кальцит известняка по химическому составу почти чист. Концентрации примесных окислов FeO, MgO и MnO не превышают 0.3 мас%. Новообразованный кальцит цемента брекчий относится к марганкальциту и содержит 3.6-6.9 мас% MnO. Апатит встречен в виде изометричных выделений размером 5-20 мкм в агрегате породообразующих минералов цемента брекчий, манганкальците. Химический состав апатита не характерен и соответствует мышьяковистому фторапатиту (1.8-7.6 мас% As_2O_3 и 2.4-3.7 мас% F). Содержание хлора в нем не превышает 0.4 мас%. Барит является одним из наиболее поздних минералов в цементе брекчий, присутствующий здесь в малых количествах. Его выделения размером до 1-2 мм цементируют пространство между зернами всех породообразующих минералов, а также пирита. Барит является концентратом стронция (до 1.5 мас% SrO). Участками обломки содержат рассеянный реальгар или, редко, аурипигмент, придающие породе красновато-оранжевый или желтовато-оранжевый цвет. Цемент брекчий насыщен очень тонким (менее 0.1мм) рассеянными пиритом, арсенопиритом,

пирротином, сульфидами Zn, Pb, Cu, Hg, Tl, Sb, As и включает основную массу частиц самородного золота. Отношение Au/Ag в рудах в основном больше 1.

3.1.5. Золото-сульфидно-глинистые руды в аргиллизитах

В вулканогенно-осадочных породах рудные тела располагаются преимущественно в аргиллизитах. На флангах вместо них появляются кварц-карбонат-хлорит-гидрослюдистые (частично аргиллизированные) породы с множественной тонкой вкрапленностью пирита. В центральной части месторождения мощность аргиллизитов достигает 20-25 м. Внутренние зоны аргиллизитов сложены кварцем (6 об. %), калишпатом (42%), плагиоклазом (7%), каолинитом (23%), гидросерицитом (>1%). Аргиллизитам свойственно высокое содержание K_2O (до 8 мас%), этим они отличаются от кор выветривания. В них содержатся прожилки и вкрапленность сульфидов в количестве до 10 об. %, представленных пиритом, тонкоигольчатым и призматическим арсенопиритом и характеризующихся высокой золотоносностью. Наличие в аргиллизитах неокисленных пирита и других сульфидов, а также самородных металлов (Pb, Cu, Sn и др.) отличает их от обычных кор выветривания; здесь присутствует и новообразованное самородное золото. Содержание золота в рудах этого типа составляет первые г/т, а в пирите может быть более 10 г/т.

К минералам, образованным при низкотемпературной гипогенной аргиллизации, относятся гидрослюды (иллит, смектит), карбонаты (доломит, кальцит, сидерит), барит, кварц (в том числе «рисовидный»), нек. рудные минералы - пирит, сопутствующие ему арсенопирит, самородное золото и редкие галенит, сфалерит, халькопирит, антимонит и блеклая руда (Murzin et al., 2017).

Пирит зон аргиллизации присутствует в породах в количестве от единичных зерен до 1-5 об. %, иногда большем. Он представлен кристаллами преимущественно кубической или сочетающей грани куба и пентагондодекаэдра форм. Размерность кристаллов отвечает мелкому и тонкому классам (более 90% зерен имеет размеры менее 0.5мм). Характерной чертой пирита аргиллизитов является наличие на поверхности его кристаллов широкого набора новообразованных минеральных фаз (Azovskova et al., 2013; Murzin et al., 2017).

В таких новообразованных минеральных фазах, обнаруженных в 42% из изученных более 300 кристаллов пирита, наиболее часто встречаются: самородные металлы (*золото*, медь и цинкистая медь, свинец), сульфиды (галенит, арсенопирит, антимонит, халькопирит, сульфиды меди, сфалерит, сульфоарсениды Ni-Co-Cu), сульфосоли (*Zn, Ag, Cd-содержащий тетраэдрит*, цинкениит, фаза Pb-Cu-As-S), теллуриды (гессит, теллуровисмутин), а также *барит* и углеродистое вещество (битумы).

По данным оже-спектроскопии при послойном ионном травлении поверхности зерен кубического пирита из зоны аргиллизации установлено (Murzin et al., 2017): 1) на поверхности зерен - аномально высокое содержание углерода (более 55 ат%), несколько снижающееся вглубь зерен; 2) присутствие в некоторых зернах азота; 3) в отдельных зернах - смещение величины S/Fe от стехиометрии пирита в сторону дефицита серы, что может быть связано с образованием на поверхности пирита неавтономных пирротиноподобных фаз по механизму, рассмотренному в (Таусон и др., 2010).

3.2. Золото-оксидно-глинистые руды зоны гипергенеза

К окисленным *золото-оксидно-глинистым* рудам относятся руды в структурных корах выветривания и в карстовом заполнении (Сазонов и др., 1991; Murzin et al., 2017). Имея субгоризонтальное залегание, рудные тела распространяются до глубины 65 м, до 100 м в карстовых полостях. Руды структурных кор выветривания располагаются на верхнем продолжении тел коренных руд, нередко без существенного изменения морфологии и элементов залегания. Значительного перераспределения концентраций золота не наблюдается, и в основном они имеют остаточный характер. Руды карстовых полостей характеризуются, напротив, неравномерным распределением золота. Здесь присутствуют участки как их разубоживания, так и обогащения по отношению к коренным рудам. В целом для руд зоны гипергенеза наблюдается повышение содержания золота в участках интенсивного развития гидроксидов железа и марганца (Риндзюнская и др., 1995). В окисленных рудах сульфиды составляют менее 1 об. %; золото в основном свободное, мелкое и пылевидное.

Минеральный состав окисленных руд в структурных и перемещенных корях выветривания месторождения наиболее детально изучался Н.А.Григорьевым (Сазонов и др., 1991) и Н.М.Риндзюнской (Риндзюнская и др., 1995; Баранников и др., 2016). По их данным, в разрезе структурных кор выветривания снизу-вверх выделяются три зоны: (1) зона дезинтеграции, (2) зона гидратации и выщелачивания и (3) зона выщелачивания и начального гидролиза.

В зоне дезинтеграции происходит гидратация слюдистых и темноцветных минералов и частичное окисление первичных сульфидов с образованием псевдоморфоз лимонита. В алеврито-глинистой фракции сохраняются минералы первичных пород, а также присутствуют новообразованные минералы – гипс, галлуазит, в незначительных количествах каолинит, ярозит. Зона гидратации и выщелачивания сложена частично выветрелыми обломками пород и глинистым материалом, вплоть до структурных глин в верхней части разреза. Сложение глинистой фракции представлена каолинитом, смектитом, гидрослюдами, хлоритом, в небольшом количестве присутствуют галлуазит и ярозит. В тяжелой фракции преобладают гидроксиды Fe и Mn, редкие реликты пирита.

Зона выщелачивания и начального гидролиза представлена бесструктурными глинами. Породообразующие минералы и сульфиды почти полностью разложены. Глинистые минералы представлены, в основном, каолинитом, иногда присутствует галлуазит, гидрослюды политипа 1M.

Самородное золото в структурных корях выветривания (как и в карстовых отложениях) преимущественно остаточное и очень тонкое, обычно менее 100 мкм. Карстовые отложения образованы в основном каолинитом. Местами проявлено сильное ожелезнение, вплоть до формирования линз бурых железняков.

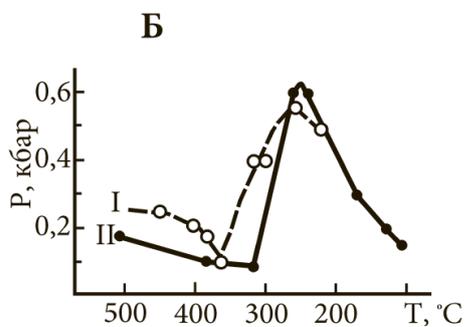
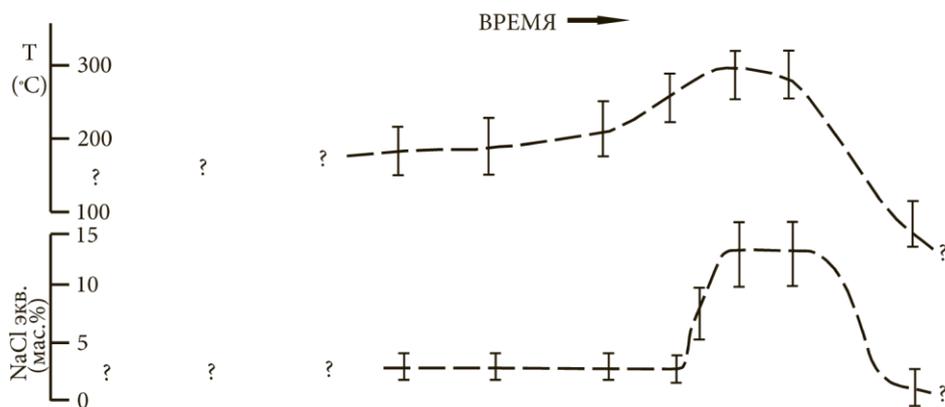
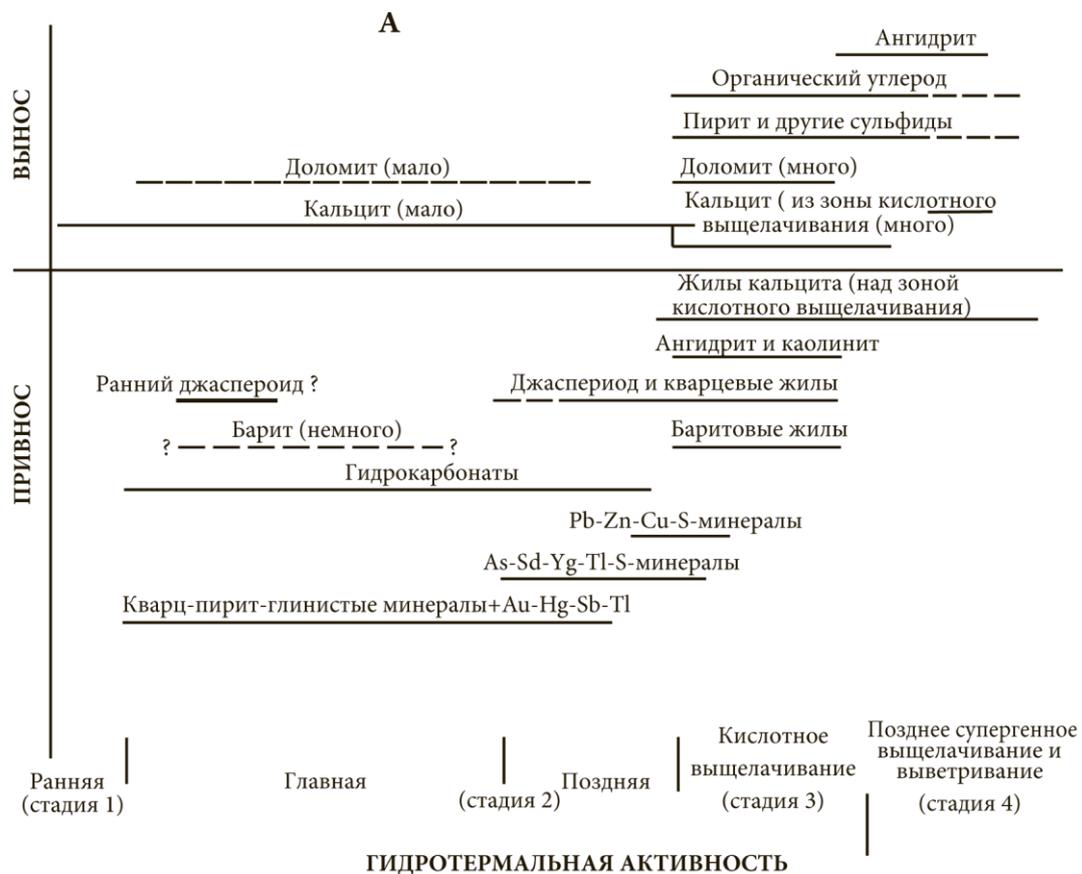


Рисунок 3.1 – Эволюция температуры, солёности флюида и минеральных парагенезисов при формировании месторождения Карлин (А) и температуры и давления при развитии джаспероидов Воронцовского месторождения (Б). По [Сазонов и др., 1998; Radtke, 1985]. [5]

3.3. Минеральные ассоциации гипогенных руд

Первые минералогические исследования на месторождении были выполнены в 1988-1991 гг. в процессе разведки месторождения (Сазонов и др., 1990б, 1991а). В наиболее полном виде они опубликованы в работах (Сазонов и др., 1998; Murzin et al., 2017). Минералогия золотоносных скарнов Воронцовского месторождения сходна с рудами скарново-магнетитовых месторождений Турьинско-Ауэрбаховского рудного поля, в том числе расположенных к востоку от месторождения и образующих Воронцовскую группу (Мурзин, Сазонов, 1996; 1999). Сульфидные минеральные ассоциации и сопутствующие им метасоматиты месторождений Турьинско-Ауэрбаховского рудного района довольно разнообразны (прил. Г).

В рудах месторождения выделены четыре группы минеральных ассоциаций, в целом развивающихся последовательно и часто накладывающихся одна на другую в различных сочетаниях:

1) Колчеданоподобная группа ассоциаций, которая встречается в виде рассеянной сульфидной вкрапленности с реликтами фрамбоидальных образований и крупных сульфидных гнезд – главным образом пирита ± сфалерит ± халькопирит ± пирротин ± галенит и вкрапленности магнетита – в составе «осадочного» цемента карбонатных брекчий. Формированию этих сульфидных стяжений предшествует метаморфизм (грануляция) и катаклаз карбоната и последующее замещение главных сульфидов железа марказитовым агрегатом.

2) Вкрапленный рассеянный и послойный пирит в терригенных породах → (кливаж) → пирит + арсенопирит ± пирротин ± халькопирит ± сфалерит → (карбонатизация и окварцевание) → галенит + самородное золото ± блеклая руда → пирит + карбонат (секущие и согласные слоистости пород прожилки);

3) Магнетитовые и эпидот-гранатовые скарны и скарноиды, в которых ранняя сульфидная ассоциация представлена пиритом ± пирротин ± халькопирит ± сфалерит ± галенит, а несколько позже во времени совместно с окварцеванием отлагается арсенопирит ± пирротин ± сфалерит ± блеклая руда + самородное

золото, и завершает эту группу ассоциаций пирит + барит и карбонат с гематитом;

4) Золото-пирит-реальгаровая ассоциация, наложенная на брекчии разного состава, которые обычно содержат и более раннюю минерализацию. Последовательность отложения минералов: пирит + арсенопирит → (окварцевание) → Pb-Sb-сульфосоли + сфалерит + халькопирит → (окремнение, аргиллизация) → самородный мышьяк+S-леллингит + самородное золото → таллиевые минералы + антимонит + реальгар + аурипигмент + самородное золото.

Наиболее ранняя группа сульфидных ассоциаций локализована в брекчиях известняков и низах перекрывающей их вулканогенно-осадочной толщ.

В брекчированных мраморизованных известняках ранние ассоциации проявляются как колчеданоподобные образования. Сульфиды, главным образом **пирит**, образуют массивный мелкозернистый цемент брекчий со следами “течения” вокруг обломков известняков (рис. 3.2, А), крупные (до 8 см) сульфидные стяжения скорлуповатой формы (рис. 3.2, Б), иногда линзовидные, линейно-вкрапленные и каркасно-пластинчатые агрегаты (рис. 3.2, В, Г).

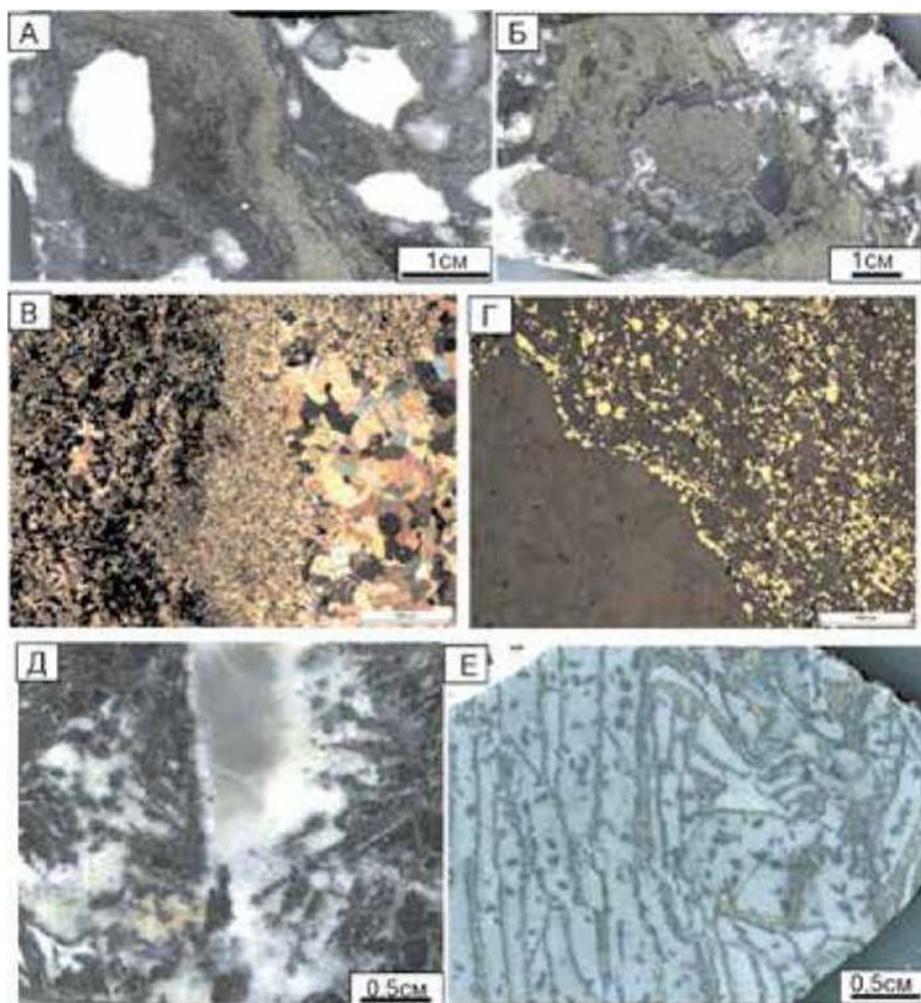


Рисунок 3.2 – Воронцовское месторождение. Колчеданоподобные образования. А – карбонатная брекчия с массивным сульфидным цементом со структурами “течения”, обр. Вр131-3, Б - карбонатно-кварцевая порода с сульфидными стяжениями (пирит+сфалерит +галенит) концентрически-скорлуповатой формы, обр. Вр131-5; В – хлорит-пиритовая зона сменяется хлорит-гидрослюдистой и далее – карбонатный обломок, обр. Вр131-3, ник.+; Г – тот же образец в отраженном свете; Д – “каркасно-пластинчатые” сульфидные образования в карбонатной породе, обр. Вр124-1; Е – линейно-вкрапленные сульфидные образования (пирит+халькопирит) в серицит-кварцевом метасоматите по обломочной туфогенной породе, обр. Вр131-8. [4]

Микроскопически пирит образует разномасштабные линейные, зонально-линейные агрегаты (рис. 3.3, А, В, Г), иногда в виде розеток (рис. 3.3, Б, Е), разрозненной вкрапленности идиоморфных зональных кристаллов (рис. 3.3, Д) и реликтов фрамбоидального пирита. Пирит цементируется халькопиритом (иногда со “звездочками” сфалерита), сфалеритом и галенитом, изредка образует срастания с пирротинном, и оба замещаются агрегатом марказита (рис. 3.3, Ж).

Арсенопирит образует каймы из мелких идиоморфных кристаллов вдоль линейных марказитовых агрегатов, замещающих пирит и пирротин (рис. 3.3, 3).

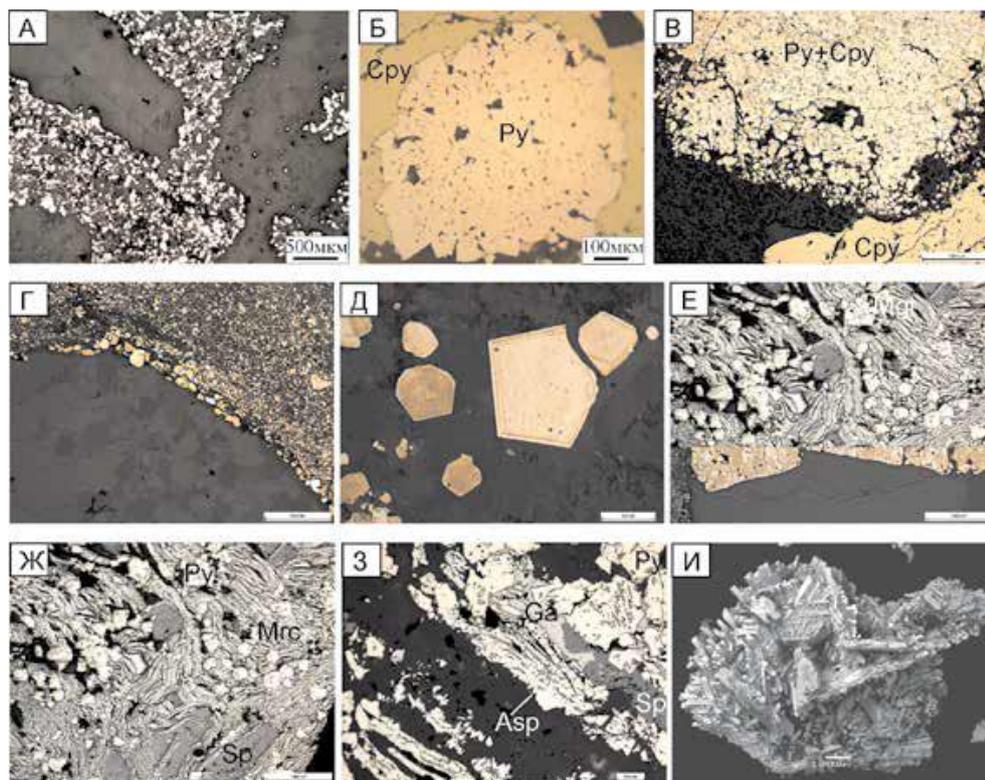


Рисунок 3.3 – Пирит в колчеданоподобных рудах. А - обломки гранулированного карбоната цементируются силикатно-сульфидным агрегатом, обр. Вр11-2; Б - радиально-лучистый агрегат пирита цементируется халькопиритом со “звездочками” сфалерита, обр. Вр9; В - катаклазированный пирит цементируется халькопиритом и рядом - массивный халькопирит с включениями галенита; Г - разнозернистый пирит образует “струи” в карбонатной породе, гранулированной по контакту с сульфидами, обр. Вр131-4; Д - тонкозональные кристаллы пирита в ассоциации со сфалеритом и галенитом в цементе измененного туфа андезитов, обр. Вр131; Е - линейные полосы радиально-лучистых агрегатов зонального пирита в ассоциации с магнетитом в карбонатизированной породе, обр. Вр139-3а; Ж - пирит цементируется марказитом, вероятно замещающим пирротин, сфалеритом и галенитом, обр. Вр124-3. З - пирит цементируется галенитом, сфалеритом, марказитом; марказит обрастается щеткой псевдоромбических кристаллов арсенопирита, обр. Вр124-3; И - решетчатый агрегат арсенопирита, вытравленный разбавленной HCl из мраморизованной породы, обр. Вр134-13. [4]

Фрамбоиды пирита представляют собой реликты диагенетических образований, которые часто присутствуют в осадочных породах, особенно углерод-содержащих и образовавшихся в восстановительных условиях (Rust,

1935; Рамдор, 1962; Borkow, Babcock; 2003), их сохранность связывают с крайне низкой степенью регионального метаморфизма (Ostwald, England, 1979; Sawlowicz, 2000). Также они описаны на золото-кварцевых и золото-сульфидных, золото-серебряных месторождениях (Тюкова и др., 2009) и в метеоритах (карбонатных хондритах); особенно широко они распространены на колчеданно-полиметаллических и медноколчеданных месторождениях (Пшеничный, 1984; Масленников, 1999; Викентьев, 2004; Сафина, Масленников, 2008; Масленников и др., 2017). Фрамбоиды пирита – типичная составляющая современных глубоководных морских осадков, обычны они и в металлоносных отложениях современных черных курильщиков (Melekestseva et al., 2014). Происхождение пиритовых фрамбоидов до сих пор дискуссионно. Образование фрамбоидального пирита традиционно связывается (Schneiderhoehn, 1923) с жизнедеятельностью сульфатредуцирующих бактерий при литогенезе и раннем диагенезе. Биогенная природа фрамбоидального пирита подтверждалась значительным облегчением изотопного состава серы фрамбоидов (Kohnet al., 1998). Отмечается, что пирит (в том числе фрамбоидный) часто образуется там, где происходит разложение органики вследствие бактериальной сульфатредукции (Borkow, Babcock, 2003). Фрамбоиды могут формироваться и при отсутствии биогенного фактора (Sweeney, Kaplan, 1973; Butler, Rickard, 2000), в том числе осаждаться из гидротермальных растворов. В.Ф.Чухров (1955) связывал их с коагуляцией коллоидных растворов. Микрорентгеноспектральным анализом в «колчеданном» пирите установлено незначительное количество примесей (Sb, As и Cu) – до 0.05 ат%. По данным лазерной абляции, пирит этих образований характеризуется максимальными содержаниями As и Au (^{75}As =1.34 мас%, n=5; $^{197}\text{Au}_{\text{max}}$ =13.22 ppm) (табл. 3.2). Возможно, такие существенные различия обусловлены особенностями аналитических методов: захватом большего объема вещества методом лазерной абляции и невысокой чувствительностью микрорентгеноспектрального анализа.

Профили, пройденные через кристаллы пирита этой ассоциации, демонстрируют относительно равномерное распределение содержаний As и Se,

а также наличие включений Pb- Sb фаз, с которыми совпадают «провалы» в содержании ^{75}As и максимумы содержания Au и Ag, т.е. золото-серебряная фаза приурочена к включениям в пирите, тогда как согласно микроскопическим наблюдениям она располагается по контакту пирита и Pb-Sb включений (граф. прил. VII, А). Примесь Co и Ni в пирите этой ассоциации не установлена. Арсенопирит совместно с галенитом установлен в прожилке, секущем сфалерит-пиритовую «почку», и в образце мраморизованной карбонатной породы, в которой он образует крупные гнезда (до 5 см). При травлении образца разбавленной соляной кислотой выявляются агрегаты кристаллов арсенопирита, имеющие своеобразную решетчатую структуру (граф. прил. VI, И). По данным лазерной абляции в зернах арсенопирита из карбонатной брекчии с сульфидным цементом (обр. Вр134-4) в значимых количествах Co, Ni, Au, Se, Tl, Hg, Sb не обнаружены; установлены повышенные равномерные содержания ^{125}Te около 1 мас% и редкие «всплески» содержания ^{107}Ag до 67ppm, а в сосуществующем сфалерите – до 186 ppm серебра. [4]

Таблица 3.2 – Элементы-примеси в пирите Воронцовского месторождения по данным лазерной абляции [4]

Тип руды	к-во обр./к-во анализов	мин-макс/сред. геометр. (ppm)								
		Co	As	Au	Ag	Se	Te	Sb	Pb	Tl
Колчеданоподобные брекчии известняков с сульфидным цементом	<u>2</u> 5	<u>0.031-1.4</u> 0.14	<u>1157-15710</u> 13392	<u>5.58-13.2</u> 8.3	<u>0.047-1.04</u> 0.214	<u>274-529</u> 352	<u>5.4-117</u> 16.55	<u>1.01-4.8</u> 2.25	<u>0.18-4.79</u> 1.48	<u>0.003-0.166</u> 0.023
Тонковкрапленный золото-пирит-арсенопиритовый в вулканогенно-осадочных породах	<u>8</u> 36	<u>0.54-3760</u> 52	<u>57-11240</u> 2192	<u>0.006-14.9</u> 1.15	<u><0.001-18.3</u> 0.47	<u>0.37-107.6</u> 8.28	<u>0.9-76.5</u> 6.97	<u>0.009-350</u> 8.05	<u>0.015-3000</u> 29.05	<u><0.002-23.3</u> 0.34
Кварц-карбонатные метасоматиты	<u>7</u> 22	<u>0.47-3720</u> 22.7	<u>5.63-6200</u> 275	<u>0.003-80</u> 0.22	<u>0.001-5.27</u> 0.1	<u>0.11-66.9</u> 2.23	<u>1.64-66.2</u> 9.87	<u>0.042-227</u> 4.5	<u>0.007-340</u> 4.68	<u>0.001-719</u> 0.097
Скарны	<u>4</u> 15	<u>0.87-557</u> 63.6	<u>14.8-12710</u> 797.5	<u>0.003-25.7</u> 0.42	<u><0.001-6.05</u> 0.023	<u>0.04-67.7</u> 2.62	<u>4.8-50.5</u> 16.65	<u>0.004-27.1</u> 1.18	<u>0.033-337</u> 5.63	<u>0.002-0.66</u> 0.007
Золото-полиметаллический	<u>2</u> 3	<u>10.4-239</u> 60.66	<u>1310-4360</u> 2495	<u>2.09-3.4</u> 2.7	<u>5.47-62.2</u> 16.75	<u>16-262</u> 41.54	<u>1.8-49</u> 8.64	<u>17.1-157</u> 74.34	<u>430-79200</u> 3660 (вкл. галенита?)	<u>0.052-0.167</u> 0.086
Джаспероиды	<u>1</u> 4	<u>83.9-149</u> 118	<u>858-1281</u> 1067	<u>0.81-3.39</u> 1.52	<u>27-5.5</u> 3.6	<u>4.64-5.69</u> 5.08	<u>7.36-22</u> 14.47	<u>24-36.4</u> 31.64	<u>22.7-59</u> 36.19	<u>0.33-1.53</u> 0.58
Тонковкрапленный золото-реальгаровый	<u>1</u> 7	<u>7.6-1400</u> 279	<u>470-9510</u> 1653	<u>0.015-2.8</u> 0.59	<u>0.001-10.76</u> 0.36	<u>2.74-92.8</u> 21.5	<u>7.7-49</u> 14.2	<u>0.03-350</u> 11.5	<u>0.008-909</u> 17.9	<u><0.002-23.3</u> 0.19

4. Зональность основной и сопутствующей минерализации

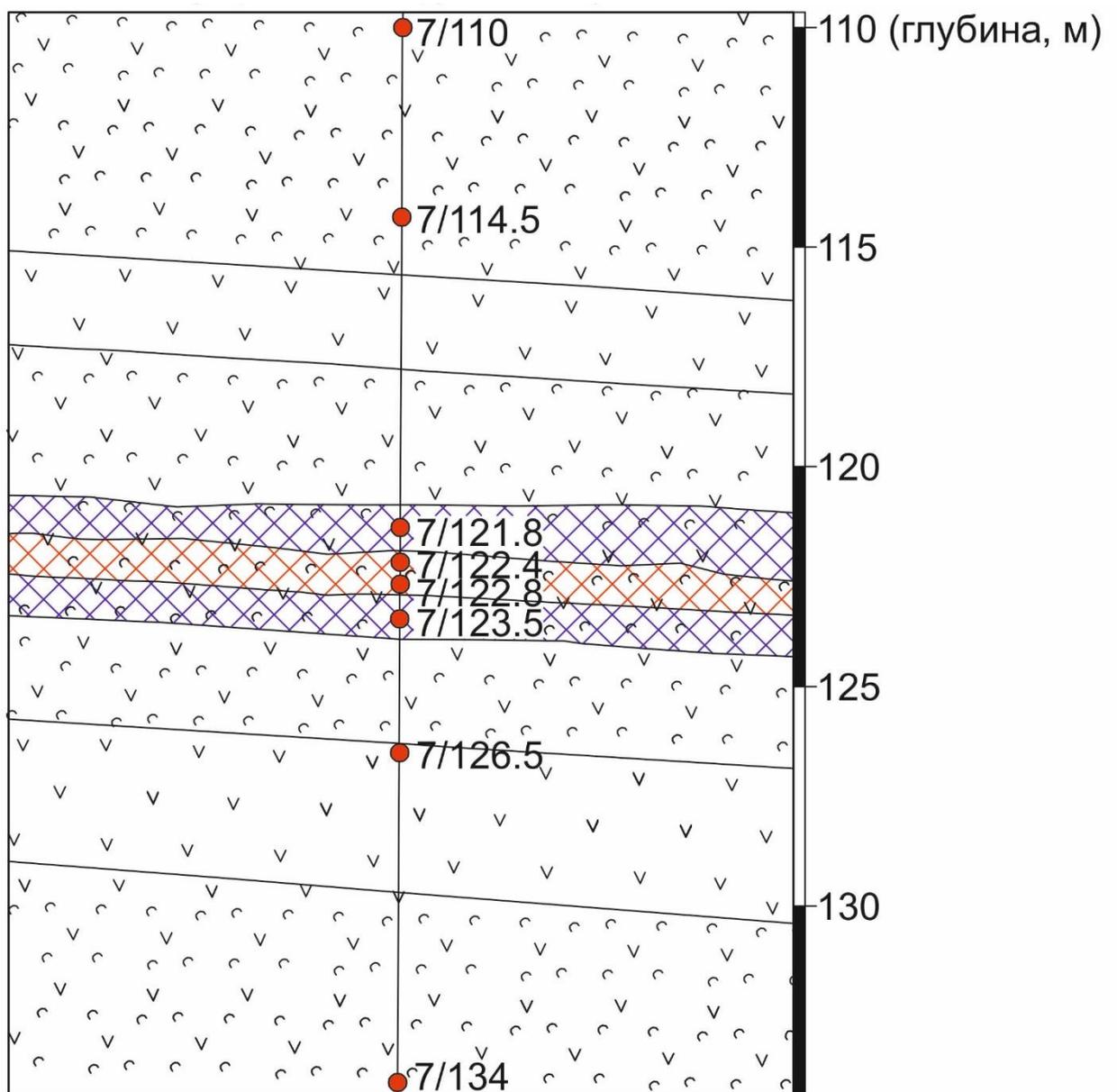
Воронцовской рудной зоны на примере участка Пещерный

Воронцовское месторождение по своему генезу обладает чертами полигенности и полихронности. Оно характеризуется многократно наложенными друг на друга, метасоматическими процессами.

Площадь Пещерного участка хоть и расположена вблизи этого объекта, но на глубину практически не исследована. В связи с этим необходимо изучение рудно-метасоматической зональности, чтобы впоследствии, возможно позволить, определить на какой стадии проявлены здесь процессы рудоотложения.

Для изучения отобрано 8 сколковых проб из рудовмещающих, вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород. Местом отбора является ПР-5, скважина № 7. Две пробы отобраны по рудной зоне мощностью 1 м, 3 пробы в удалении на 1-3 м, 3-7 м и 7-12 м, вверх и вниз по разрезу (рис. 4.1).

Для изучения вещественного состава были изготовлены 6 прозрачных полированных шлифов; так же все пробы были отправлены на спектральный анализ для определения содержания по 25 элементам.



- - место отбора сколковых проб
 - ▨ (orange) - рудная зона
 - ▨ (purple) - зона повышенной сульфидной минерализации
 - ▭ (v) - андезиты, андезитобазальты
 - ▭ (v c) - андезитовые, андезитобазальтовые туфы
 - ▭ (dashed) - предполагаемые границы литологических разностей
- 7/110 - номер скважины/глубина отбора сколковых проб по керну

Рисунок 4.1 Схема вертикальной рудно-метасоматической зональности

Описательная часть

Обобщенные результаты макро и микроскопического анализа всех проб представлены в таблице 4.1, результаты спектрального анализа в таблице 4.2.

В результате исследований были условно выделены внутренняя, внешняя и промежуточная зоны метасоматических изменений.

Внутренняя (рудная) зона представлена образцами 7/122,4 и 7/122,8 (рис. 3.2 и 3.3). Образцы представлены скарнированными и пропилитизированными туфами андезитов и андезибазальтов (рис. 3.2 и 3.3). Породы плотные, зеленовато-серого, зеленовато-светло-серого цвета, пятнистой, реже массивной текстуры, лепидогранобластовой структуры; с гнездами и прожилками кварц-карбонатного состава; неравномерной, редкой вкрапленностью тонко-, мелкокристаллического пирита; и единичными мелкими вкраплениями галенита.

Пропилитизация эпидот-хлорит-карбонатной минеральной ассоциации, распространена по массе неравномерно, пятнами. Появление гранатов говорит о наличии процессов скарнирования. Так же в небольшой степени проявлена серицитизация по плагиоклазам.

Породы состоят в основном из плагиоклаза, пироксена, карбоната, в меньшей степени серицита, эпидота и граната; акцессорные минералы - аппатит, рудные - пирит, галенит, магнетит (рис.1.6 и 1.7).

Количество новообразованных минералов достигает 55%.

Таблица 4.1 Обобщенные результаты макро-, и микроскопического изучения андезибазальтов и их туфов

№ п/п	№ образца	Расст.-е от руд. зоны, м	Эдукт	Метасоматиты	Текстура	Структура	Состав метасоматитов	
							Породообразующие минералы, %	Рудные минералы
1	7/110,0	12,0	андезиты, андезибазальты и их туфы	пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	литокристалло-кластическая	плагиоклаз-65, пироксен-10, карбонат-20, хлорит-5., рудный-ед	пирит
2	7/114,5	7,5	андезиты, андезибазальты и их туфы	пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	литокристалло-кластическая	плагиоклаз-60, пироксен-10, карбонат-20, серицит-5, хлорит-5, рудный-ед	пирит
3	7/121,8	0,2	андезиты, андезибазальты и их туфы	пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	лепидограно-бластовая	плагиоклаз-55, пироксен-10, карбонат-15, серицит-10, эпидот-5, рудный-5.	пирит
4	7/122,4	0,0	андезиты, андезибазальты и их туфы	скарнированные и пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	лепидограно-бластовая	плагиоклаз-40, пироксен-5, карбонат-30, серицит-10, эпидот-5, хлорит-5, гранат-ед., рудный-5	пирит, галенит
5	7/122,8	0,0	андезиты, андезибазальты и их туфы	скарнированные и пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	лепидограно-бластовая	плагиоклаз-45, пироксен-5, карбонат-25, серицит-10, эпидот-5, хлорит-5, гранат-ед., рудный-5	пирит
6	7/123,5	0,5	андезиты, андезибазальты и их туфы	пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	лепидограно-бластовая	плагиоклаз-55, пироксен-5, карбонат-20, серицит-10, эпидот-ед, хлорит-5, рудный-5.	пирит, галенит
7	7/126,5	3,5	андезиты, андезибазальты и их туфы	пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	литокристалло-кластическая	плагиоклаз-60, пироксен-5, карбонат-15, серицит-5, хлорит-10, рудный-5	пирит
8	7/134,0	11,0	андезиты, андезибазальты и их туфы	пропилитизированные туфы	пятнистая, массивная	литокристалло-кластическая	плагиоклаз-65, пироксен-15, карбонат-15, хлорит-5, рудный-ед.	пирит

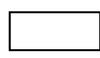
Таблица 4.2 Результаты спектрального анализа сколковых проб

	7/110,0	7/114,5	7/121,8	7/122,4	7/122,8	7/123,5	7/126,5	7/134,0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cu	C, 10 ⁻³ %вс	4	9	7	7	7	4	9	9
	Кк	1,0	2,3	1,8	1,8	1,8	1,0	2,3	2,3
Zn	C, 10 ⁻³ %вс	5	9	9	15	15	15	10	10
	Кк	0,7	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	1,3	1,3
Pb	C, 10 ⁻³ %вс	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	2	2	1,5
	Кк	0,3	0,4	0,6	0,6	0,6	1,7	1,7	1,3
Sn	C, 10 ⁻³ %вс	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6
As	C, 10 ⁻³ %вс	0	0	0	0	0	0	0	0
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ag	C, 10 ⁻³ %вс	0,004	0	0	0,005	0	0,01	0,01	0,03
	Кк	0,6	0,0	0,0	0,7	0,0	1,4	1,4	4,3
Mo	C, 10 ⁻³ %вс	2	0,1	0,1	10	10	10	10	0,1
	Кк	18,2	0,9	0,9	90,9	90,9	90,9	90,9	0,9
Be	C, 10 ⁻³ %вс	0	0	0,15	0,1	0	0,1	0,1	0,1
	Кк	0,0	0,0	0,8	0,6	0,0	0,6	0,6	0,6
Cr	C, 10 ⁻³ %вс	5	5	3	3	2	3	5	4
	Кк	0,9	0,9	0,5	0,5	0,4	0,5	0,9	0,7
Ni	C, 10 ⁻³ %вс	2	3	1	3	3	2	1,5	1
	Кк	0,4	0,6	0,2	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2
Co	C, 10 ⁻³ %вс	0,7	2	1	1	1	0,5	0,6	1
	Кк	0,8	2,2	1,1	1,1	1,1	0,6	0,7	1,1
Sr	C, 10 ⁻³ %вс	40	10	60	60	60	40	50	50
	Кк	0,9	0,2	1,3	1,3	1,3	0,9	1,1	1,1
Ba	C, 10 ⁻³ %вс	40	0	60	20	0	50	20	70
	Кк	1,1	0,0	1,6	0,5	0,0	1,3	0,5	1,8
Ti	C, 10 ⁻³ %вс	400	400	400	400	300	400	400	400
	Кк	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7
V	C, 10 ⁻³ %вс	15	10	15	10	5	10	10	10
	Кк	1,0	0,7	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7
Mn	C, 10 ⁻³ %вс	90	100	100	90	90	100	90	100
	Кк	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

1		2	3	4	5	6	7	8	9
Sc	C, 10 ⁻³ %вес	2	1,8	2	1	1,5	1,5	1,5	1,5
	Кк	1,0	0,9	1,0	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
P	C, 10 ⁻³ %вес	60	60	100	60	70	90	90	100
	Кк	0,4	0,4	0,7	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
W	C, 10 ⁻³ %вес	0	0	0	0	0	0	0	0
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ge	C, 10 ⁻³ %вес	0	0	0	0	0,1	0	0	0,18
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	1,4
Bi	C, 10 ⁻³ %вес	0	0	0	0	0	0	0	0
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	C, 10 ⁻³ %вес	0	0	0	0	0	0	0	0
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sb	C, 10 ⁻³ %вес	0	0	0	0	0	0	0	0
	Кк	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zr	C, 10 ⁻³ %вес	6	9	9	6	6	6	9	9
	Кк	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6
Y	C, 10 ⁻³ %вес	2	1	2	1	1,8	1,8	1,8	1
	Кк	0,7	0,3	0,7	0,3	0,6	0,6	0,6	0,3

 - рудная зона

Кларк концентрации

 - до 0,9

 - 1,0-1,9

 - 2,0-4,9

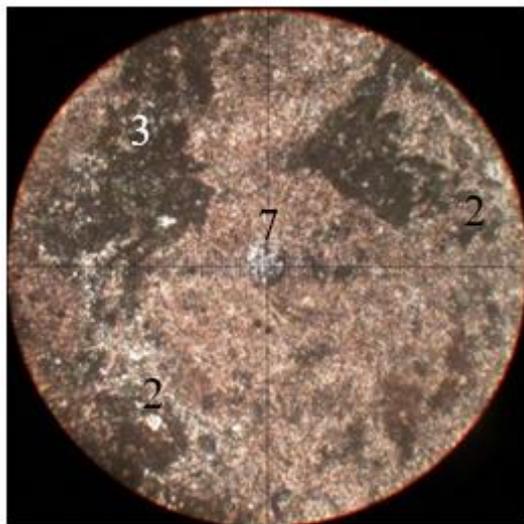
 - ≥5,0



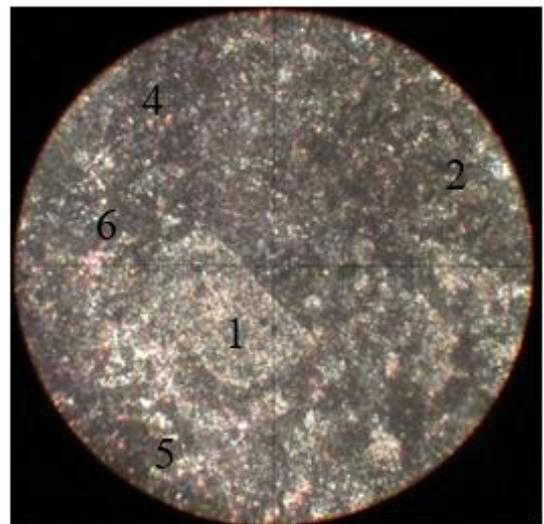
Рисунок 3.2 – Образец 7/122,4-скарнированные и пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



Рисунок 3.3 – Образец 7/122,8-скарнированные и пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



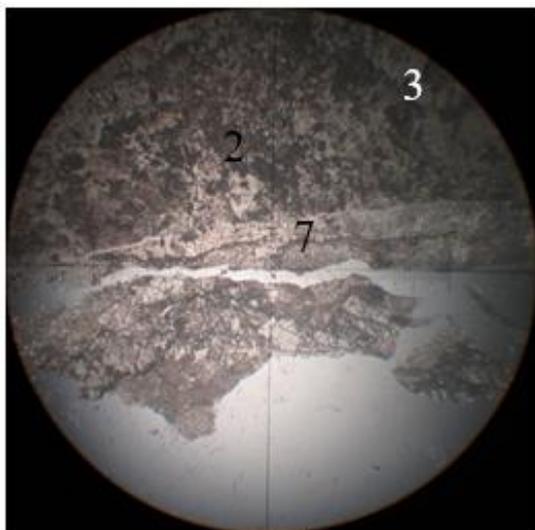
НИКОЛИ II



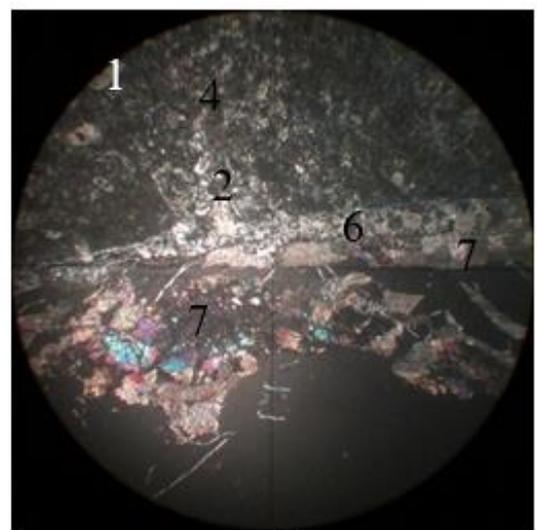
НИКОЛИ X

Рисунок 3.4 – Шлиф 7/122,8 - скарнированные и пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

Текстура пятнистая, структура лепидогранобластовая. Порода состоит из реликтовых зерен плагиоклаза таблитчатой и неправильной формы (1), замещенного и корродированного более поздними выделениями карбоната (2), хлорита (3), реже тонкочешуйчатого агрегата серицита (4); эпидота в виде игольчатых выделений, развитых по карбонатам (5); зерен пироксена вытянутой и неправильной формы (6); граната (7); редкой вкрапленности пирита (черный). Прозрачный шлиф. Микроскоп. Увеличение $20\times$.



НИКОЛИ II



НИКОЛИ X

Рисунок 3.5 – Шлиф 7/122,4 - скарнированные и пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

Текстура пятнистая, структура лепидогранобластовая. Порода состоит из реликтовых зерен плагиоклаза таблитчатой и неправильной формы (1), замещенного и корродированного более поздними выделениями карбоната (2), хлорита (3), реже тонкочешуйчатого агрегата серицита (4); эпидота в виде игольчатых выделений, развитых по карбонатам (5); зерен пироксена, вытянутой и неправильной формы (6); а также редкой вкрапленности пирита (черный). По краю шлифа прожилок (7) состоящий из карбоната и клинопироксена. Прозрачный шлиф. Микроскоп. Увеличение 20^X

Плагиоклазы – альбит, олигоклаз, представлены реликтовыми таблитчатыми зернами, размером до 0,2-0,4 мм, интенсивно замещенными карбонатом, хлоритом, в меньшей степени серицитом.

Карбонат представлен, в основном, кальцитом; отмечен в виде изометричных ксеноморфных зерен и их агрегатов. Наблюдается карбонат с серицитом, находящийся либо в тонких сростках, либо образующий почти мономинеральные обособления в виде пятен, линз, прожилок.

Пироксен образует удлиненные, таблитчатые, реже округлые зерна, размером в десятые доли миллиметра.

Эпидот в виде редких, мелких зерен вытянутой и игольчатой формы, с зеленой интерференционной окраской.

Хлорит представлен мелкочешуйчатыми агрегатом зеленого цвета. Наблюдается в ассоциации с серицитом и карбонатом. Размеры чешуек сотые, десятые доли миллиметра

Серицит замещает плагиоклаз и развивается по основной массе породы в виде тонкочешуйчатых агрегатов. Размеры чешуек слюды от сотых до десятых долей миллиметра.

Гранат отмечается в виде отдельных зерен изометрической формы, разбит микротрещинами.

Промежуточная зона удалена от рудного тела на расстоянии 1-3 м и представлена образцами 7/121,8 и 7/123,5 (рис. 3.6 и 3.7).

Образцы представлены пропилитизированными туфами андезитов и

андезибазальтов, зеленовато-серого цвета, пятнистой, реже массивной текстуры, лепидогранобластовой структуры; с редкими прожилками кварц-карбонатного состава; редкой вкрапленностью мелкокристаллического пирита, и единичными тонкими вкраплениями галенита (рис. 3.7 и 3.8).

Проилитизация эпидот-хлорит-карбонатной ассоциации, по массе распространена неравномерно, пятнами. Количество новообразованных минералов достигает 40%.



Рисунок 3.6 – Образец 7/121,8- проилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



Рисунок 3.7 – Образец 7/123,5-пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

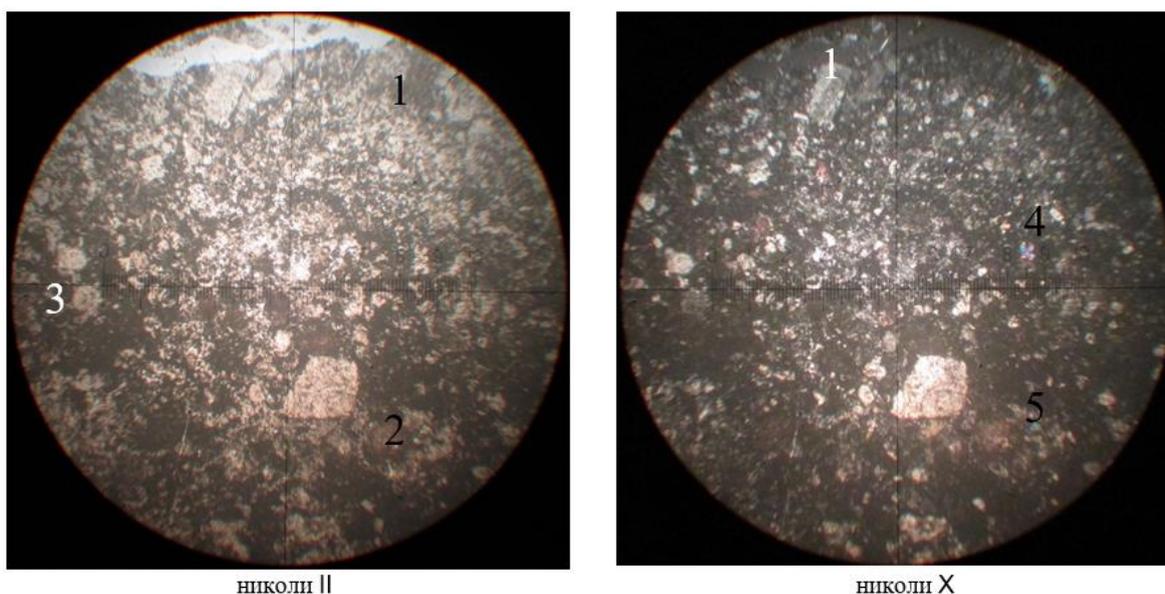


Рисунок 3.8 – Шлиф 7/121,8 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

Текстура пятнистая, структура лепидогранобластовая. Порода состоит из реликтовых зерен плагиоклаза таблитчатой и неправильной формы (1), замещенного более поздними выделениями карбоната (2), хлорита (3), реже тонкочешуйчатого серицита (4); эпидота в виде игольчатых выделений, развитых по карбонатам (5); зерен пироксена вытянутой и неправильной формы (6); а также редкой вкрапленности пирита (черный). Прозрачный шлиф.

Микроскоп. Увеличение 20^X.

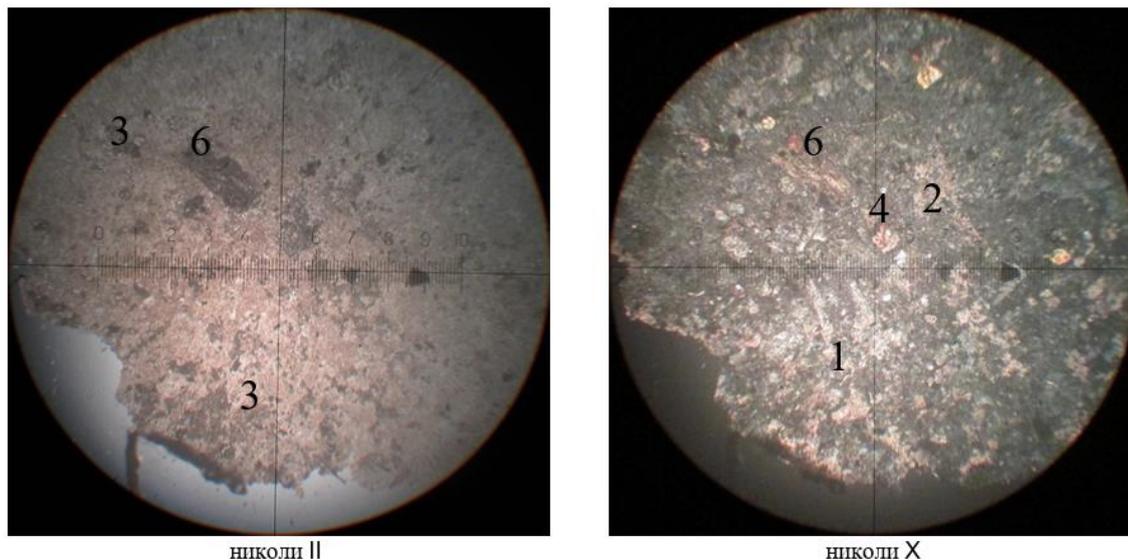


Рисунок 3.9 – Шлиф 7/123,5 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

Текстура пятнистая, структура лепидогранобластовая. Порода состоит из реликтовых зерен плагиоклаза таблитчатой и неправильной формы (1), замещенного более поздними выделениями карбоната (2), хлорита (3), реже тончешуйчатого серицита (4); эпидота в виде игольчатых выделений, развитых по карбонатам (5); зерен пироксена вытянутой и неправильной формы (6); а также редкой вкрапленности пирита (черный). Прозрачный шлиф. Микроскоп. Увеличение 20^X.

Плагиоклазы представлены реликтовыми таблитчатыми зернами, размером до 0,2-0,5 мм, частично замещенными карбонатом, хлоритом, реже серицитом.

Карбонат представлен, анкеритом, кальцитом, присутствует в виде зерен изометричной, неправильной формы, и их агрегатов. Наблюдаются стяжения карбоната, в виде пятен, гнезд и линз.

Пироксен образует таблитчатые, реже округлые и полуокруглые зерна, иногда с полисинтетическими двойниками, размером в десятые доли миллиметра.

Эпидот в виде единичных, мелких зерен вытянутой формы, с зеленой интерференционной окраской.

Хлорит представлен мелкочешуйчатыми агрегатом зеленого цвета.

Наблюдается в ассоциации с серицитом и карбонатом. Размеры чешуек сотые, десятые доли миллиметра

Серицит образует мелкие чешуйки, развитые по плагиоклазу. Размеры чешуек сотые доли миллиметра.

Внешняя зона удалена от рудного тела на расстоянии 3-7 м, представлена образцами 7/110, 7/114,5, 7/126,5 и 7/134 (рис. 3.10; 3.11; 3.12 и 3.13).

Образцы представлены пропилитизированными туфами андезитов и андезибазальтов, зеленовато-серого цвета, пятнистой, реже массивной текстуры, литокристаллокластической структуры; с редкими прожилками кварц-карбонатного состава; и убогой вкрапленностью мелкокристаллического пирита (рис.3.10 и 3.11).

Пропилитизация хлорит-карбонатной ассоциации, по массе распространена неравномерно, пятнами. Количество новообразованных минералов достигает 25%.



Рисунок 3.10 – Образец 7/110 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



Рисунок 3.11 – Образец 7/114,5 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



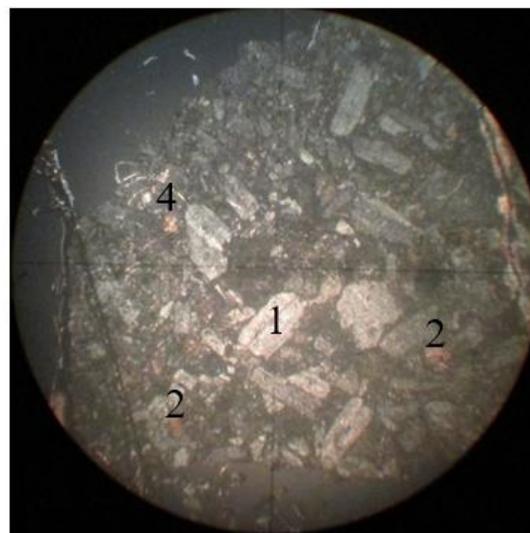
Рисунок 3.12 – Образец 7/126,5 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



Рисунок 3.13 – Образец 7/134 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов



николи II



николи X

Рисунок 3.14 – Шлиф 7/110 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

Текстура пятнистая, структура литокристаллокластическая. Порода состоит зерен плагиоклаза таблитчатой и неправильной формы (1), карбоната (2), тонкочешуйчатого хлорита (3); зерен пироксена вытянутой и неправильной формы (4); а также редкой вкрапленности пирита (черный). Прозрачный шлиф. Микроскоп. Увеличение 20^{\times} .

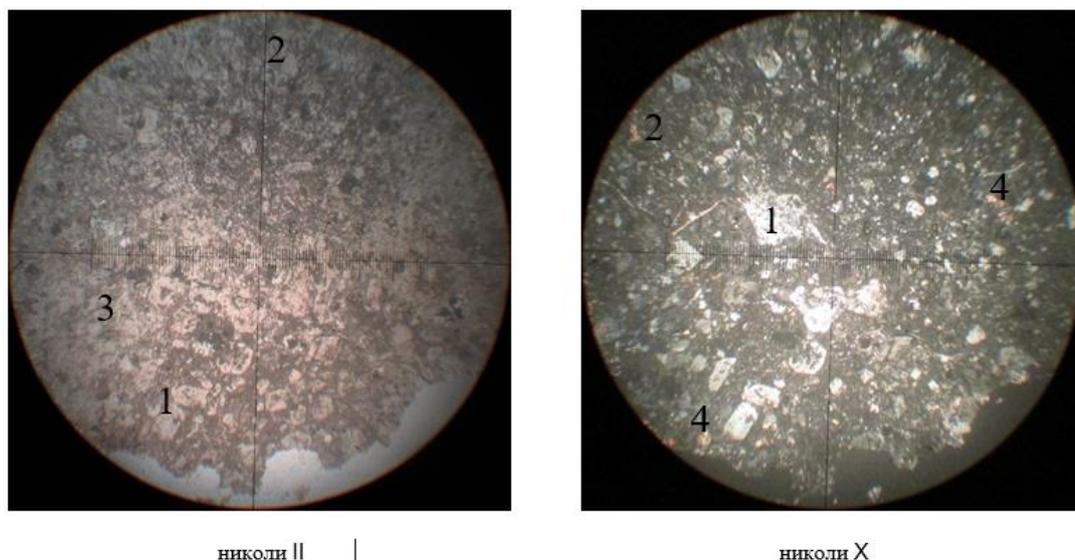


Рисунок 3.15 – Шлиф 7/134 - пропилитизированные туфы андезитов и андезибазальтов

Текстура массивная, структура литокристаллокластическая. Порода состоит зерен плагиоклаза таблитчатой и неправильной формы (1), карбоната (2), тонкочешуйчатого хлорита (3); зерен пироксена вытянутой и неправильной формы (6); а также редкой вкрапленности пирита (черный). Прозрачный шлиф. Микроскоп. Увеличение 20^{\times} .

Плагиоклазы представлены таблитчатыми и изометричными зернами, размером до 0,3-0,6 мм, частично замещенными карбонатом, хлоритом, в единичных случаях серицитом.

Карбонат представлен, анкеритом, кальцитом, наблюдается в виде зерен изометричной и неправильной формы. Наблюдаются стяжения карбоната, в виде пятен, гнезд и линз.

Пироксен образует таблитчатые, реже округлые и полукруглые зерна, иногда с полисинтетическими двойниками, размером в десятые доли миллиметра.

Хлорит представлен мелкочешуйчатыми агрегатом зеленого цвета. Размеры чешуек сотые доли миллиметра.

Выводы

Результаты спектрального анализа сколько-нибудь контрастной зональности не показали (таблица 4.2). Слабая зональность отмечена по меди, цинку и стронцию. Существенное превышение кларка концентрации

практически по всем пробам показал молибден. Связано это, скорее всего, с пространственной близостью медно-молибденовых месторождений Турьинской группы.

Изучение минералого-петрографического состава рудовмещающих, метасоматически измененных пород показывает, что скорее всего, на широко распространенные, в пределах данной территории, пропилитизированные породы, испытавшие хлоритизацию и карбонатизацию, наложены более поздние процессы скарнирования, которые могут отвечать начальному этапу процессов рудоотложения золота. В случае проявления в пределах минерализованной зоны последующих более рудных (наложенных) рудно-метасоматических процессов (серицитизации, беризит-лиственитизации, аргиллитизации), могут возникнуть условия для формирования промышленных концентраций золотого оруденения (полигенного и полихронного типа или так называемого «воронцовского типа»).

5. Перспективы расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.

[14] Потенциальные возможности расширения минерально-сырьевой базы района связываются, главным образом, с реализацией прогнозных ресурсов рудоносных площадей, перспективных на выявление золоторудных месторождений «воронцовского» типа.

Полнота и степень геологической изученности позволяют достаточно обосновано контролировать весь ограниченные возможности наращивания запасов в пределах собственно Воронцовского месторождения.

Фланги месторождения в пределах зоны рудоносного контакта вулканогенно-осадочных образований башмаковской и фроловской свит изучены достаточно детально. Результаты поисковых работ говорят о закономерном снижении продуктивности оруденения в северном и южном направлениях.

На западе промышленное оруденение ограничивается Воронцовским разломом и его надвиговым оперением, на востоке – Ауэрбаховским гранитоидным массивом с реликтами окисленных руд кор выветривания, сохранившихся на карстующихся известняках фроловской толщи.

По результатам геолого-съемочных работ масштаба 1:50000 – 1:10000, а также специализированных поисково-картировочных и поисковых работ, включающих опережающие геофизические и геохимические исследования, исходя из совокупности региональных, локальных факторов и прямых признаков промышленного оруденения «воронцовского» типа, в рудном районе наиболее перспективными представляются Катасьминская площадь, Галкинское рудопроявление, Покровский участок (Русиновский рудник), Рудничная площадь. Расчетные параметры оценки прогнозных ресурсов по категориям и геолого-промышленным типам приведены в таблице 5.1. [14]

Таблица 5.1 Оценки прогнозных ресурсов золота в районе Воронцовского горно-металлургического комплекса [14]

Рудная зона, узел, поле, перспективная площадь	Местоположение, площадь	Геолого-промышленный тип оруденения	Категория прогнозных ресурсов	Глубина оценки от – до, м	Среднее содержание золота, г/т	Прогнозные ресурсы золота, т	Предполагаемый способ отработки и технолог. передела
1.Катасьминско-Мысовской рудный узел. 1.1. Катасьминский участок 1.2. Мысовской участок	В 15 км к югу от Воронцовского месторождения, площадь участка поисков – 30 км ² В 40 км к югу, площадь участка оценки – 2 км ²	Воронцовский, первичные золото-сульфидные руды Воронцовский, первичные золото-сульфидные руды	P ₂	0 – 200	10	40	Открытый, чановое выщелачивание (ЧВ)
			P ₂	0-200	3,5	20	Открытый, чановое выщелачивание (ЧВ)
2.Валенторско-Галкинский рудный узел. 2.1. Галкинское рудопроявление 2.2. Покровский участок	В 26 км к северу от Воронцовского ГМК, площадь участка поисков – 3км ² В 55км на северо-запад, площадь оценки – 0,9км ²	Воронцовский: первичные руды, окисленные руды Золото-скарновый	P ₁	10 - 200	4	27	Открытый, чановое выщелачивание , кучное выщелачивание Открытый, чановое выщелачивание
			P ₁	0 - 10	4	3	
			P ₁	0 - 120	10	20	
3.Песчанско-Воронцовское рудное поле 3.1. Рудничный участок	В 0,5км на СВ от месторождения, площадь 7,6км ²	Золото-порфировый (Форт-Нокс)	P ₃	0-200	1,2	20	Открытый, кучное выщелачивание
		Итого:	P ₁ + P ₂ + P ₃	0-200	-	130 т	Открытый, КВ, ЧВ

6. Закономерности формирования и локализации золотого оруденения Воронцовского типа.

6.1. Характеристика золоторудных месторождений типа Карлин

Принимая во внимание многие параметры, золотое Воронцовского месторождения можно соотнести с прожилково-вкрапленным оруденением золото-пирит-реальгаровой формации, которая представлена в месторождении Карлин, штата Невада.

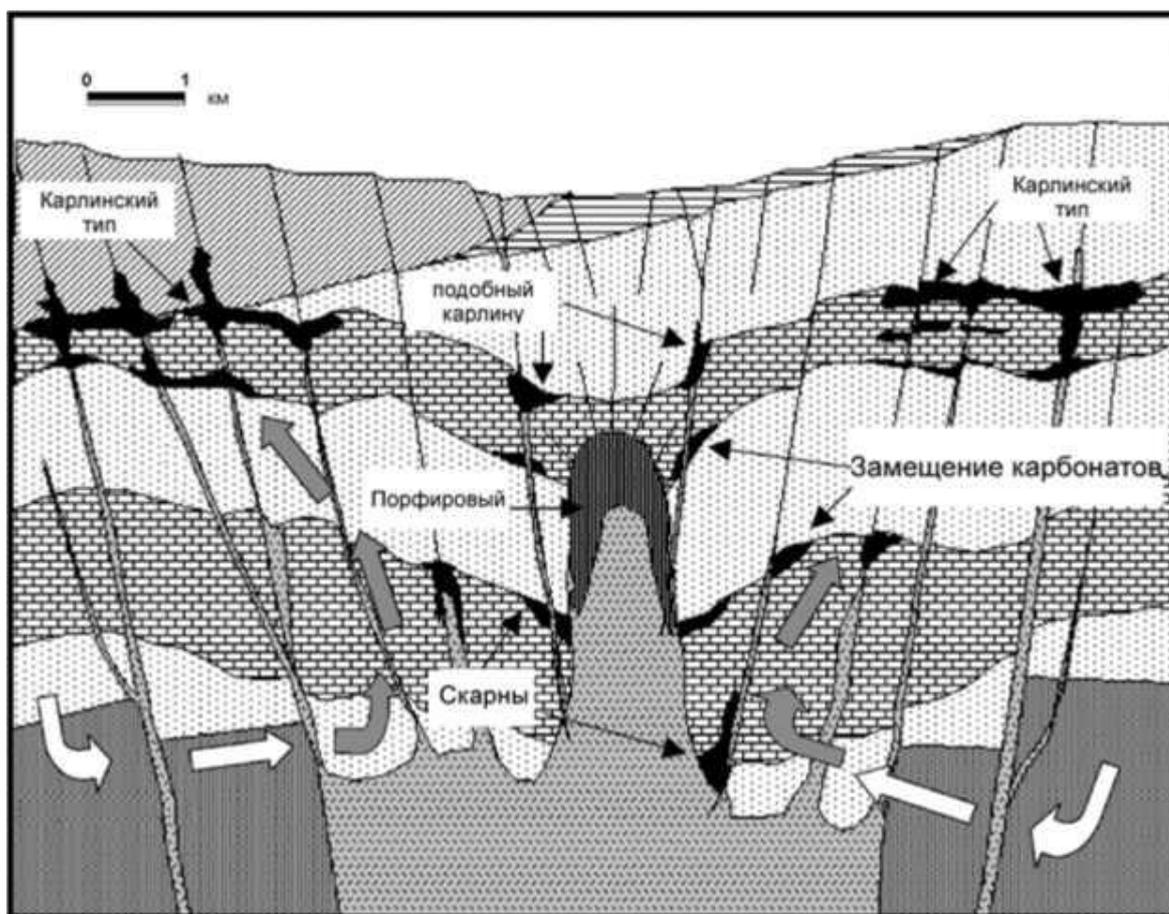


Рисунок 6.1 – Концептуальная модель формирования месторождений карлинского типа и ему подобных, США (Setijadji, 2002). Стрелками показаны нисходящие (белые) и восходящие (серые) ветви гидротермальной циркуляции [4]

Карлинский тип золоторудных месторождений – промежуточный тип между эпитермальным и мезотермальным. Формирование данных типов месторождений обусловлено проницаемостью секций земной коры больших размеров, которая способствует конвекции метеорных вод в региональном и локальном масштабах. Для мобилизации количеств золота, необходимых для

формирования рудных концентраций, достаточно растворимости золота в таком флюиде. Этот процесс отвечает за существование эпитеермальных (с глубиной формирования 1-2 км), месторождений карлинского типа и мезотермальных месторождений (с глубиной формирования 10-12 км). Различия данных типов месторождений обусловлено результатом конвекции флюида на различных глубинах.

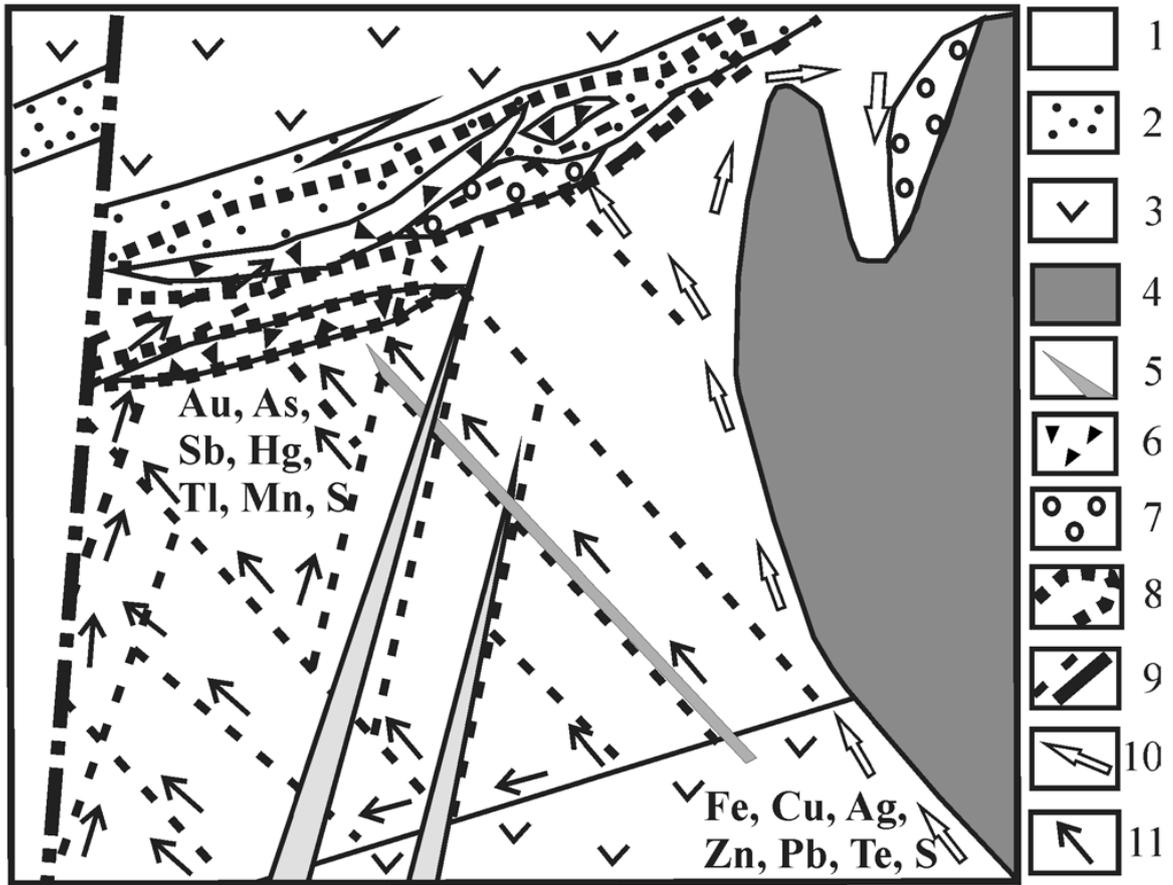


Рисунок 6.2 – Схематическая модель формирования оруденения карлинского типа на Воронцовском месторождении.

1 – известняки; 2 – туффиты, туфосланцы, кремнисто-глинистые сланцы; 3 – вулканиты андезитового состава; 4 – гранитоиды Ауэрбаховского массива; 5 – дорудные дайки (долериты, габбро-долериты); 6 – известковые брекчии; 7 – скарны; 8 – рудные тела; 9 – разломы; 10–11 – направления движения флюидов: магматогенных (10) и “метаморфогенных” (11). [1]

В соответствии с данными Б.Е. Несбитта (Nesbitt, 1988) на различных геологических объектах установлено в континентальной коре глубинное проникновение и конвекция метеорных вод. Отчетливо установлена

поверхностная циркуляция метеорных вод до глубины в 4 км в регионах, где действовали магматические процессы, и проявлялся вулканизм. В областях, где распространены различные плутонические ассоциации, конвекция метеорных вод зафиксирована на глубинах до 10 км. В том числе зафиксирована в Скаергаардском комплексе в батолите Айдахо. А также в мезотермальных золоторудных месторождениях канадских Кордильер и в Корее установлено присутствие метеорных вод. При изучении газово-жидких включений установлено, что указанные месторождения сформировались при давлении 1 ± 3 Кбар, что равно гидростатическому давлению на глубине 9-11 км. [6].

Исследования Б.Е. Несбитта показали, что во многих сегментах континентальной коры широко распространена конвекция метеорных вод. Кроме того, достаточные для возникновения рудных залежей количества золота может выщелачивать и транспортировать конвекционный флюид. Данное заключение подразумевает, что существующие типы минерализации необходимо подразделять на типы, в соответствии с обстановками с высоким геотермальным градиентом (приповерхностные золоторудные) и низким (глубинные золоторудные месторождения).

Жильные месторождения золота, по данному принципу, подразделяются на эпитеермальные месторождения, месторождения карлинского типа и мезотермальные месторождения. Не всегда возможна точная идентификация типов месторождений. К примеру, к эпитеермальным месторождениям часто относятся месторождения карлинского типа. Давление флюида в период формирования месторождений является ключевым различием между указанными типами месторождений. Давление флюида в период формирования месторождений изменяется в эпитеермальных 0 – 200 бар, в месторождениях карлинского типа 500 – 1000 бар. В свою очередь, в мезотермальных месторождениях это давление изменяется в пределах до 800 и более бар. Объединяющим сходством данных месторождений является температура формирования, изменяющаяся в пределах от 200° С до 350° С. Отметим, что указанные типы обладают аномальными концентрациями ртути, вольфрама,

мышьяка, серебра, сурьмы, бария, что связано с низким содержанием хлоридной составляющей в растворах. Низкая степень хлоридообразования в связи с этим, предотвращает увеличение содержания основных металлов в системах. При этом элементы, формирующие сульфидные комплексы, такие как вольфрам, серебро, ртуть, мышьяк, сурьма концентрируются. Специфичность набора элементов объясняется низкой соленостью рудогенерирующих флюидов, которая образуется за счет того, что изначально метеорные воды имеют низкое содержание хлоридных элементов, в связи с этим за пределами бассейнов не происходит их значительного увеличения.

Б.Е. Несбитт также указывает различия, содержащие геологические и геохимические аспекты. Обусловлены различия разнообразием тектонических положений месторождений. Тектонические обстановки имеют характерные им геотермальные градиенты: для кратонной обстановки – $15-20^{\circ} \text{C}/\text{км}$, для активных континентальных окраин в пределах $20-30^{\circ}\text{C}/\text{км}$, для режима дивергенции – до $30-35^{\circ}\text{C}/\text{км}$, для территорий активного вулканизма – до $50^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Это является причиной различий в глубинах конвекции метеорных вод [6].

Расположение месторождений в обстановке вулканизма и/или приповерхностного магматизма является распространенным отличием эпитеермальных месторождений. Необходимым условием достижения флюидной конвекции в приповерхностных условиях и геотермального градиента $50^{\circ}\text{C}/\text{км}$ является наличие магматического источника тепла. Геотермальные градиенты месторождений карлинского типа и мезотермальных месторождений такого источника тепла не требуют, в связи с чем, могут располагаться в более широких регионах. Поэтому указанные месторождения более распространенные.

Структурные различия между эпитеермальными месторождениями, месторождениями карлинского типа и мезотермальными месторождениями характеризуются следующим: для первого типа характерны залежи в кальдерах и других приповерхностных вулканических структурах, два других типа месторождений структурно ассоциированы с глубинными структурами, в

большей степени с нормальными или ударно-скользящими разломами вертикальной протяженностью в несколько километров.

Химизм зон гидротермально-метасоматических преобразований различен у эпитермальных и мезотермальных месторождений – что является один из наиболее выраженных геохимических различий данных типов. Для мезотермальных месторождений свойственны нейтральные значения рН и наличие карбонатно-полевошпатовых минеральных ассоциаций [6]. Для эпитермальных месторождений характерны низкие значения рН и наличие аргиллизитовых серицитовых ассоциаций.

Циркулирующие метеорные воды способны к формированию редкометальной минерализации в тектонических обстановках, варьирующих от приповерхностных золоторудных месторождений с высоким геотермальным градиентом до глубинных золоторудных месторождений с умеренным градиентом, что отражают подчеты Б.Е. Небитта растворимости золота в конвекционных флюидах [6]. В связи с этим жильные золоторудные месторождения подразделяют на эпитермальные месторождения, месторождения карлинского типа и мезотермальные месторождения. Последовательность, в которой они изложены, отображает увеличение глубины флюидной конвекции и рудоотложения. [6]

Согласно данным А. Радтке (Radtke A.S., 1985) месторождение Карлин, образует собой субпластовые залежи вкрапленных руд в силурийских породах свиты робертс-маунтинс-известняки, доломиты, алевролиты с прослоями кремнистых сланцев и относимо к тектоническому окну Линн [6]. Данные породы перекрыты образованиями свиты попович, на породы которой надвинуты сланцы свиты винини, преимущественно ордовикские глинистые и кремнистые. Простираение северо-восточное, падение рудных тел северо-восточное, согласное с таковым вмещающих пород. Протяженность до 2 км, по падению определяются на несколько сотен метров, мощность рудных тел изменяется в пределах от 2 – 3 до 40 м. Дайки и штоки позднедевонско-раннемелового времени образуют интрузивные породы. Возраст штоков 121

млн. лет, имеют гранодиоритовый и диоритовый состав, аналогичный дайкам, они в большей степени метасоматически изменены и минерализованы, и приурочены к разломам северо-западного простирания.

Месторождения карлинского типа имеют редкие интрузивные образования, связь оруденения с данными интрузиями проблематична. Интрузивные образования по возрасту подразделяются на две группы. В первую группу входят небольшие штоки гранитов, кварцевых диоритов, гранодиоритов, кварцевых монцонитов и диоритов, а также относятся дайки кварцевых порфиров, андезитов, диоритовых порфиритов. Возраст интрузивных образований 66 – 94 и 121 млн. лет. Интрузии располагаются и на периферии месторождений, а также вблизи рудных тел. Позднепалеозойские интрузивные образования дорудные. Вторую группу образуют третичные вулканиты. Период образования близок к оруденению. Они представлены потоками риодацитов, риолитов, базальтов и андезитов. Также имеются дайки кварцевых порфиров и диоритов, и отмечаются риолитовые некки. Возраст олигоцен-плиоцен 34 – 14 млн. лет. Также присутствуют горячие источники, частично отлагающие травергины с ртутной и золоторудной минерализацией.

В составе руд Карлина в большей степени развиты халцедон, кварц и карбонаты. В меньшей степени развиты гипс, иллинг, флюорит, барит, шабазит, ангидрит, серицит, каолинит, монтмориллонит. Из рудных минералов наиболее преобладает пирит, порядка 1 – 3 % состава руд. В меньшей степени развиты самородный мышьяк, золото, реальгар, киноварь, аурипигмент, криотиг, карлинит, антимонит, эллизит, вейсбергит. Для оруденений более поздних баритовых жил характерны иорданит, халькопирит, сфалерит. Месторождения золота очень мелкое, порядка 80 % золота сконцентрировано в частицах менее 0,2 мкм. Помимо золота, главными ореолообразующими элементами Карлин являются мышьяк, сурьма, ртуть. Для руд данного объекта не характерно наличие серебра.

Смена низкотемпературного режима более высокотемпературным режимом отложения мышьяковой минерализации с развитием

полиметаллического оруденения с отчетливой корреляцией золота с ртутью и с резким преобладанием золота над серебром; обязательное присутствие в рудах сульфидов таллия, ртути и мышьяка – данные типоморфные черты являются главными в процессе оруденения золото-пирит-реальгаровой формации.

Процессы формирования Карлина и Воронцовского месторождения соотносимы. В своей основе флюиды на месторождении Карлин были метеорными или погребенными метеорными. Прогревание флюидов происходило за счет магматитов, локализованных под месторождением. Заимствование большинства рудных компонентов происходило из вмещающих пород, подстилающих месторождение. Причем во вмещающем осадочном комплексе в значительных количествах присутствуют элементы, входящие в состав руд. Руды и рудовмещающие породы месторождения Карлин и Воронцовского месторождения близки по изотопному составу кислорода и углерода карбонатов рудных зон.

На Воронцовском месторождении, в сравнение с месторождением Карлин, образование руд и околорудных метасоматитов происходило на больших глубинах, около 2,2 – 2,0 км. и при температуре до 300 °С. В результате этого на Воронцовском месторождении образовались кварц-серицитовые метасоматиты, в отличие от месторождения Карлин, для которого характерны аргиллизиты.

Помимо месторождения Карлин, аналогичную геологическую позицию, характер оруденения и условия формирования, соответствующую Воронцовскому месторождению имеет месторождение Рельефный Каньон (Западная Невада). В соответствии с данными А. Уоллеса, месторождение Рельефный Каньон расположено в пределах зоны Гумбольдта – направленного на север структурного горста, сформированного в период кайнозойского образования разломов. Вулканические породы от мафического до сильно салического состава – самые древние породы, обнажающиеся в зоне [6]. В среднем триасе над вулканическими породами развилась карбонатная толща, флювиально-дельтовая система, отлагающая осадки, действовала в позднем

триасе и ранне-юрском времени. Над карбонатной толщей и дельтовыми породами в юго-восточном направлении были взброшены разновозрастные осадочные породы бассейна в период со средне-юрского по средне-меловое время [6], что привело к деформации блоков и их метаморфизованности до зеленосланцевой ступени. В мезозойские осадочные и вулканические породы внедрились поздне-меловые гранитные плутоны. В течение миоцена и более позднего подъема структур на большей части региона были разрушены кайнозойские вулканические породы.

На контакте платформенных пород верхнего триаса и пород, лежащими выше флювиально-дельтовых верхнего триаса, развились гидротермальные известняковые брекчии, в блоке которых сформировалось месторождение Рельефный Каньон. Осадочные породы умеренно погружаются на юго-запад. На Восточной окраине месторождения северо-западные разломы заполняют диабазовые дайки мелового возраста. Также осадочные породы пересекают круто падающие северо-западные разломы.

Карбонатная толща месторождения Рельефный Каньон сложена тонкорасслоенными известняками темно-серого цвета, с большим содержанием пирита. Остаточные кварцевые зерна и черный углеродистый материал содержатся в параллельных слоистостях стилолитовых швов. Осадочная формация содержит аргиллиты и песчаники. Гидротермальное брекчирование значительно преобразовало контакт известняков с аргиллитами и песчаниками, в неизмененных участках видно, что породы залегают согласно. Частичное растворение известняков, при котором окатанные фрагменты известняков оказались в матрикс из глины и осадочного материала, послужило формированию брекчии на месторождении. Мощность зоны брекчий порядка 30 – 70 м. Треть первичных известняков предположительно была растворена в этой зоне. Фрагменты пород осадочной формации составляют матрикс брекчий.

Разлом, в результате которого возникли дайки, старше брекчий, так как дайки внедрились до гидротермального брекчирования. Возраст брекчий постметаморфический. С зонами брекчий пересекаются джаспероидные тела,

которые заполняют зоны разломов. Также до брекчирования сформировались джаспероиды. На одновременное формирование брекчий с накоплением флювиальных осадков, указывает структура брекчий.

В связи с углеродистыми стилолитовыми зонами в первичных известняках связано происхождение черного углеродистого матрикса, который содержится на больших участках в зоне брекчий. Стратифицированные и отсортированные осадки с частными зернами углеродистого состава и обломки известняка содержатся в небольших гидротермальных полостях в углеродистых известняках.

Возникновение разломов, формирование массивных джаспероидов, содержащих ртутно-мышьяковую минерализацию, г/г брекчирование известняка, флювиальное накопление глин и обломочных осадков, окварцевание джаспероидов и глинисто-обломочного матрикса брекчий, образование и изменение глинисто-флюоритовых жил, окисление – являются наиболее важными в парагенетическом порядке событиями в формировании месторождения Рельефный Каньон [6]. В течение поздних стадий окварцевания в джаспероидах и интерстициальных глинах произошло отложение золота. Данное месторождение в минералогическом плане простое, преобладают тонкозернистые флюорит, кальцит, кварц и глинистые минералы. Золото и пирит редки, хоть и важные.

При метоморфизме известняки прогрелись до 300 °С, это показало изучение углеродистого материала. Изучение газово-жидких включений показало, что при гидротермальных процессах температура не превышала 230 °С. Формирование месторождения Рельефный Каньон происходило при давлении 1 – 2 Кбар. Месторождение имеет поздне-третичный возраст, развивалось в формирующей брекчии и пустоты гидротермальной системы в триасовых известняках [6]. Под контактом известняков с вышележащими песчаниками и глинистыми сланцами, грунтовые воды частично растворяли

Таблица 6.1 – Некоторые черты, определяющие сходство околорудных метасоматитов крупных собственно золоторудных месторождений Воронцовское (Россия, Северный Урал) – Карлин (США, Невада) [7]

Месторождения	Запасы + ресурсы (т)	Глубина образования (км)	Метасоматиты	Связь с магматизмом	Вмещающие породы	Время образования	Источники информации
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Россия</i>							
Воронцовское (Средний Урал)	120	0,5-2,3	Пропилиты, скарны, березиты - листвениты, кварц-серицитовые, аргиллизиты, джаспероиды	Невскрытый плутон гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации; полифазный массив (габбро, диориты, гранодиориты)	Андезиты, мраморизованные известняки, гетерогенные брекчии	380-315 млн. лет	Сазонов и др. [1991]; Месторождения..., [2001]
<i>США</i>							
Карлин (США, Невада)	10000 запасы, 3000	0,5-1,5 (до 3,0)	Аргиллиты, джаспероиды	Штоки гранодиоритов и монзонитов, появляющиеся во втором этапе развития месторождения. На Карлине не обнажаются (MZ- KZ)	Турбидиты и брекчированные известняки (D). Подстилающие породы – доломиты и доломитизированные известняки формации Попович	30-170 млн. лет (для месторождений Карлинской группы)	Radtke [1985]; Т. Теодор и Г. Джонс, 1992 г. (цит. по Константинов и др. [2000])

известняки. В развивающуюся зону брекчирования и пустообразования были внесены глины и осадочные частицы, произошедшие из глинистых сланцев. Смешивались с метеорными водами гидротермальные флюиды, двигавшиеся вдоль крупных разломов, пронизывая пустотные осадки [6]. На контакте известняков с глинистыми сланцами вдоль зон разломов и наносов формировались поздние золотоносные джаспероиды. Источником золота и фтора могут оказаться магматические флюиды и воды, циркулирующие в пелитовых образованиях.

6.2. Брекции известняка признак оруденения воронцовского типа

На многих гидротермальных золоторудных месторождениях присутствует в зонах брекчирования, сопряженных с разломами локализация золотоносной минерализации. На золоторудных месторождениях, как в черносланцевых толщах, так и в терригенно-карбонатных толщах (карлинского типа) присутствует брекчирование вмещающих пород. Повсюду на этих месторождениях наблюдается приуроченность золотого оруденения к брекчированию, даже с учетом различий процессов, вызывающих их формирование (тектоническое и гидротермальное брекчирование, образование карстовых и осадочных брекчий).

Рельефный Каньон (Западная Невада) является характерным примером этого. Руды Рельефного Каньона располагаются, в большей степени, в минерализованных гидротермальных брекчиях известняка. Их происхождение относят к гидротермальной проработке, которая является одной из важнейших процессов в истории развития данного месторождения. Относительно долгий процесс было гидротермальное брекчирование известняков: формирование массивных джаспероидов было сопряжено с периодическими внедрениями флюидов, которые отлагали золотое оруденение на поздней стадии окварцевания. Смешивание в зонах брекчирования горячего гидротермального раствора происходило с холодными поровыми водами. Формирование брекчий Рельефного Каньона произошло за счет частичного растворения известняка до окатанных фрагментов, глинистый материал, залегающей выше осадочной

толщи заполнил пространство между ними. При этом, продуктом растворения известняка являются обнаруженный в цементе брекчий углистый материал. Кроме того, те же полости между обломками, заполненные рыхлым проницаемым материалом, являются участки с наибольшей интенсивной метасоматической проработки и, отсюда следует, участки с наибольшей интенсивностью рудного минералообразования. Все ранее приведенные факты указывают, что зоны брекчирования являются коллекторами рудного вещества, как на месторождении Рельефный Каньон, так и на Воронцовском месторождении.

Продуктом гидротермальной проработки является рудная минерализация, концентрирующаяся в зонах брекчирования известняков, указанных месторождений. По минеральным ассоциациям и физико-химическим условиям гидротермальная проработка отвечает низкотемпературному околотрещинному метасоматозу кислотной и поздней щелочной стадий. К примеру, формирование руды месторождения рельефный Каньон происходило при температуре 150 – 230°C, месторождения Карлин – 175 – 300°C, при этом гидротермальные растворы имели слабокислую, нейтральную, слабощелочную реакцию. Отметим, что участки развития трещиноватости играют главную рудолокализирующую роль. При данных условиях сформировалось большинство золоторудных месторождений мира. Развитие метасоматических минеральных ассоциаций в узких зонах вдоль трещин в таких случаях обусловило форму рудных тел. Особую функцию при развитии в участках их распространения выполняют брекчии известняка. Вызывающий отложение золотосодержащей минерализации околотрещинный метасоматоз здесь имеет объемный характер, рудоотложение происходит в довольно мощных горизонтах пород, не вдоль трещин. Взаимодействуя с обломками известняка, кислые растворы нейтрализуются. Растворение в растворах сильного основания и слабой кислоты, а именно карбонатов и силикатов сильных оснований, обуславливает повышение щелочности растворов. Причиной концентрированного отложения рудной минерализации является нейтрализация

кислых растворов на фронте выщелачивания. Данные реакции при околотрещинном метасоматозе происходят в местах соприкосновения раствора со стенкой трещины. Причиной практически полной метасоматической проработки и превращения в сплошное рудное тело зоны брекчирования служит, что во всем объеме пористого проницаемого осадочного материала в известняковых брекчиях, где циркулируют растворы, равномерно распределены обломки, реагирующие с ними. Помимо этого, в равномерно распределенном виде цемент содержит необходимые для формирования некоторые вещества, отвечающие за концентрацию и отложения руды метасоматитов. Кремнезем и глинозем являются такими веществами. Они оказываются в цементе: (в тектонических брекчиях) в результате растворения алюмосиликатов известняка, при попадании в пространство между обломками вулканогенно-осадочного материала, измельченного при тектонических деформациях, а также при формировании эффузивно-осадочных брекчий в результате отложения вулканогенного материала.

Гетерогенный состав брекчий играет важную роль в формировании метасоматитов различных формаций. При прохождении гидротермального раствора с любыми химическими свойствами (от кислых до щелочных) происходят метасоматические реакции с отложением рудной минерализации, причиной этого является наличие в ограниченном объеме породы чисто карбонатных участков (обломков известняка) и участков, в некоторой степени насыщенных глиноземом (цемента). Кроме того, различие в конечных продуктах метасоматических процессов на участках известняковых брекчий объясняется этим же: джаспероидизация развивается на контактах цемента с обломками известняка, кварц-серицитовые метасоматиты – в самом цементе.

Присутствие в известняковых обломках брекчий с высоким содержанием золота аурипигмента и реальгара является еще одной их характерной особенностью. Установлено, что литогеохимический ореол мышьяка на Воронцовском месторождении полностью совпадает с таковым ореолом золота. По результатам анализов руд Воронцовского месторождения, в ряду

уменьшения коэффициента корреляции мышьяк занимает второе место после серебра. Следовательно, наличие аурипигмента и реальгара в минерализованной брекчии является признаком ее повышенной золотоносности.

На основании вышесказанного, требуют дополнений и уточнений разработанные для оруденения воронцовского типа некоторые поисковые критерии, а именно:

Блоковое строение района месторождения, определяющееся широким развитием разномасштабных и разнонаправленных разломов.

Присутствие известняков с прослоями углисто-кремнисто-глинистых сланцев в рудовмещающем комплексе.

Развитие метасоматитов джаспероидной, кварц-серицитовой и аргиллизитовой формаций, наиболее тесно сопряженных с продуктивными минеральными ассоциациями [6].

Учитывая распространенность разломов на объекте как поисковый критерий необходимо помнить, что разломы являются фактором, определяющим распределение в объеме породы рудной минерализации, а не только служат рудоподводящими каналами. «Прерывно-непрерывная» жизнь разломом обеспечивает формирование зон брекчирования, в этой связи их существование является необходимым. Присутствие известняков в рудовмещающем комплексе является наиболее полезным в случае расположения их в зонах разломов, в которых выше вероятность дробления и заполнения свободного пространства между обломками химически контрастным по отношению к карбонатному материалу. Для извлечения ценных элементов из промежуточных концентратов (известняков) и способствующих последующему рудоотложению веществ, которым является органическое вещество, необходимо наличие участков разгрузки в непосредственной близости с этими породами – своеобразных коллекторов, эту функцию выполняют зоны распространения брекчий. Развитие в ограниченном объеме пород метасоматитов трех различных фракций возможно только при наличии компонентов (кремнезем, глинозем) в исходном субстрате, входящих в состав этих метасоматитов. Данные компоненты способствуют

резкому изменению химических свойств гидротермальных растворов (карбонатный материал), а также веществ-осадителей рудной минерализации (органическое вещество) [6].

Еще одним поисковым признаком золотого оруденения воронцовского типа, согласно изученной литературы по Воронцовскому месторождению и проведенных исследований, является наличие минерализованных гидротермально измененных брекчий известняка, содержащих рассеянное органическое вещество и минералы мышьяка.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данной работы является выделение и изучение минералого-геохимических особенностей руд и вмещающих пород Воронцовской рудной зоны; анализ геологического строения и закономерностей локализации золотого оруденения Воронцовской зоны; описание геодинамической модели месторождения; анализ перспектив расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.

С целью изучения вещественного состава руд и рудовмещающих пород были выполнены работы по изготовлению ряда шлифов;

В главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы представлен расчет сметной стоимости работ по изготовлению шлифов.

Расчетная часть

Прозрачные шлифы - тонкие пластинки - срезы, для исследования в проходящем свете. Полированные шлифы - полированные штуфы для исследования в отраженном свете (Согласно пункту 13.1 главы 13 ССН-92, Выпуск 7).

Для петрографического исследования углей прозрачные шлифы изготавливают из образцов угля и из образцов вмещающих пород кровли и почвы. Изготовлению прозрачных шлифов из углей предшествует обработка (цементация) материала, из которого делают шлифы. При изготовлении прозрачных шлифов производится шлифовка и полировка одной из сторон среза образца, приклейка к предметному столу, шлифовка и доводка свободной стороны среза (13.2 пункт, глава 13 ССН-92, Выпуск 7).

Исходя из «Классификация ископаемых углей по категориям сложности изготовления из них шлифов» главы 13 ССН-92, Выпуск 7, имеющиеся образцы для изготовления прозрачных и полированных шлифов относятся к II категории сложности работ.

Расчет затрат времени и труда на лабораторные работы

Нормы времени на изготовление прозрачных и полированных шлифов приведены в таблице 7.1 (Таблица 13.3 главы 13 ССН-92, Вып. 7).

Таблица 7.1 - Нормы времени на изготовление из горных пород и руд прозрачных и полированных шлифов (в бригадо/час)

Номер нормы	Наименование работ	Единица измерения	Норма
1810	Изготовление прозрачных шлифов с двухсторонней полировкой при размере шлифа 20x20 мм, для II категории сложности.	Прозрачный шлиф	2,07
1818	Изготовление полированных шлифов- брикетов для II категории сложности.	Полированный шлиф брикет	1,06

Расчет затрат времени (N_i) по каждому виду работ производится по формуле 1, данные расчетов приведены в таблице 7.2:

$$N_i = H_{вр} * K * V_i; \quad (1)$$

где $H_{вр}$ - норма времени на выполнение единицы i -го вида проектируемых работ;

K - поправочный коэффициент, учитывающий изменение затрат времени в связи с отклонением условий от нормализованных;

V_i - объем i -го вида работ.

Таблица 7.2 - Расчет затрат времени на изготовление из горных пород и руд прозрачных и полированных шлифов

№ п/п	Вид работ	Ед. измер.	Объем работ	Норма на единицу (в бригадо- часах)	Поправочный коэф-т (K)	Затраты времени (в бригадо- часах)
1.	Изготовление прозрачных шлифов	Шлиф	14	2,07	1	29
2.	Изготовление полированных шлифов	Шлиф	14	1,06	1	15
	Всего:					44

Исходя из данных, полученных в таблице 7.2, рассчитывается время на изготовление одного прозрачного шлифа и аншлифа:

- 1 прозрачный шлиф: $29/14=2,07$ (в бригадо-часах);
- 1 аншлифа: $15/14=1,07$ (в бригадо-часах).

Общая норма расходов времени на изготовление из горных пород и руд прозрачных и полированных шлифов:

- Прозрачные шлифы: $29/8=3,6$ (бригадо-смен);
- Аншлифы: $15/8=1,9$ (бригадо-смен).

На изготовление 18 прозрачных и 18 полированных шлифов, с учетом 8-часового рабочего дня, потребуется: $44/8=5,5$ дней. Таким образом, для изготовления шлифов и аншлифов, с учетом издержек времени, необходимо 6 дней.

Расчет материальных затрат на лабораторные работы

В соответствии с пунктом 3 Методики ВПСН стоимость лабораторных исследований составляет следующие виды затрат:

- Основная заработная плата;
- Отчисления на социальные нужды;
- Материалы;
- Амортизация;
- Услуги.

Расчет заработной платы

Расчет заработной платы осуществляется с учетом Томского районного коэффициента 1.3. Рассчитывается для одного шлифовальщика и одного подсобного рабочего при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. Работы проводились в ноябре 2016, количество рабочих дней в этом месяце составило 21 (Таблица 7.3).

Таблица 7.3 - Основная заработная плата

№ п/п	Наименование должностей	Кол-во человек	Оклад за месяц (в рублях)	Оклад за 6 дней (в рублях)	Район. коэф-т (для Томска)	Итого зарплата (в рублях)
1.	Шлифовщик горных пород IV разряда	1	25000	7140	1,3	9282
2.	Подсобный рабочий I разряда	1	10000	2856	1,3	3713
	Итого по зарплате					12995

Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды производятся согласно Федеральному закону от 4 декабря 2015 г. № 363-ФЗ “О бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на 2016”. Лабораторные работы по изготовлению прозрачных и полированных шлифов относятся к IX классу профессионального риска, ставка отчисления по ним в Фонд страхования от несчастных случаев составляет 1% (Таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Отчисления на социальные нужды (за 6 дней)

№ п/п	Вид отчисления	Общая сумма зарплаты в рублях	Ставка отчисления (в %)	Итого по каждому виду отчисления (в рублях)
1.	Пенсионный фонд	12995	22	4289
2.	Фонд социального страхования		2,9	377
3.	Фонд обязательного медицинского страхования		5,1	663
4.	Фонд страхования от несчастных случаев		1	130
Итого:			31	5459

Материалы.

Перечень основного оборудования, применяемого при изготовлении прозрачных и полированных шлифов, согласно таблице 13.7 главы 13 ССН-92, Вып. 7, приведен в таблице 7.5.

Таблица 7.5 - Перечень основного оборудования лаборатории

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость (в рублях)
1.	Кварцевоотрезной станок	штука	1	56050
2.	Микроскоп поляризационный агрегатный рабочий рудный, ПОЛАМ-Р-312	штука	1	113000
3.	Микроскоп поляризационный ПОЛАМ Л-211	штука	1	139000
4.	Станок камнерезный алмазный КРС-11-	штука	1	78693
5.	Станок шлифовальный СШН- 1	штука	1	57800
6.	Станок настольно сверлильный одношпиндельный НС-12А	штука	1	60000
8.	Шкаф сушильный вакуумный (с вакууметром термодарным) ШСВ- 45к	штука	1	176000

Таблица 7.6 - Перечень лабораторной посуды, реактивов и материалов, применяемых при изготовлении прозрачных и аншлифов (согласно таблице 13.9 главы 13 ССН-92, Вып. 7 и таблице 2 СНОР-93, Вып.7)

№ п/п	Наименование	Единица измер.	Кол- во	Сметная стоимость (в рублях)	
				За единицу	Всего
	Лабораторная посуда	штука			
1.	Банки стеклянные с крышками 0,1-0,2 л	штука	2	177,0	354,0
2.	Бутыль 20 л	штука	1	765,0	765,0
3.	Колбы плоскодонные 1000 мм	штука	1	600,0	600,0
4.	Стаканы фарфоровые N 7, 1000 мм	штука	1	231,0	231,0
5.	Чаши кристаллизационные ЧКТ-90, d=310 мм, выс. 90 мм	штука	1	436,0	436,0
	Реактивы				

№ п/п	Наименование	Единица измер.	Кол-во	Сметная стоимость (в рублях)	
				За единицу	Всего
6.	Натрий углекислый, ч.д.а.	кг	0,7	43,80	30,66
7.	Окись алюминия, ч.д.а.	кг	0,2	100,0	20,0
8.	Окись (III) железа, осч.ч.	кг	0,2	65,0	13,0
9.	Окись хрома (III), ч.д.а.	кг	0,7	372,0	260,4
10.	Окись хрома (II), ч.д.а.	кг	0,7	400,0	280,0
11.	Пихтовое масло	кг	0,7	580,0	406,0
12.	Спирт-ректификат, осч.	л	2	35,0	70,0
13.	Этиленгликоль, ч.д.а.	кг	0,5	265,0	132,5
	Материалы				
14.	Канифоль таловая кристаллическая	кг	1	38,0	38,0
15.	Микрошлисопорошок К36, N M-5	кг	0,3	79,0	23,7
16.	Микрошлисопорошок К36, N M-7	кг	0,3	110,0	33,0
17.	Микрошлисопорошок К36, N M-10	кг	0,5	150,0	75,0
18.	Микрошлисопорошок К36, N M-14	кг	0,5	200,0	100,0
19.	Микрошлисопорошок К36, N M-20	кг	0,3	240,0	72,0
20.	Микрошлисопорошок К36, N M-28	кг	1,5	733,0	1099,5
21.	Стекла покровные, 24x24 мм	штука	100	363,0	36300,0
22.	Стекла предметные	штука	100	10,0	1000,0
23.	Шеллак	кг	0,3	560,0	168,0
24.	Шлифовальное зерно К39 N 50-16	кг	0,5	47800,0	23900,0
25.	Шлифовальный порошок К37 N 12 10	кг	0,5	800,0	400,0
26.	Блокнот малого размера	штука	1	53,0	53,0
27.	Карандаш механический	штука	2	24,0	48,0
28.	Линейка чертежная, 20 см	штука	1	7,0	7,0
29.	Ручка шариковая	штука	3	25,0	75,0
	Итого:				66990,76

Амортизация

Расчет амортизации производится только оборудования (таблица 7.7).

Норма амортизации вычисляется линейным методом по формуле 2 (Налоговый кодекс часть 2, глава 25 статья 259 п.1):

$$\frac{1}{n} + 100\% n \quad (2)$$

где n - срок службы оборудования.

Таблица 7.7 - Амортизация основного оборудования лаборатории

№ п/п	Наименование	Цена за единицу, принятая в СНОР (в рублях)	Срок службы	Ежемесячные амортизационные отчисления (в рублях)
1.	Кварцевоотрезной станок	56050	10 лет	467,1
2.	Микроскоп поляризационный ПОЛАМ Л-211	139000	5 лет	579,2
3.	Микроскоп полиризационный агрегатный рабочий рудный, ПОЛАМ-Р-312	113000	5 лет	470,8
4.	Станок камнерезный алмазный КРС-110	78693	10 лет	655,8
5.	Станок шлифовальный СШН- 1	57800	10 лет	481,7
6.	Станок настольно сверлильный одношпиндельный НС- 12А	60000	10 лет	500,0
7.	Станок камнерезный СКРН-1	69000	10 лет	575,0
8.	Шкаф сушильный вакуумный (с вакууметром термодарным) ШСВ-45к	176000	10 лет	1466,7
	Итого			5196,3

Услуги

Для написания ВКР кроме изготовления шлифов, выполнялись другие лабораторные исследования вещества.

Расчет единичной сметной расценки изготовления шлифа (аншлифа) приведен в таблице 7.8.

Таблица 7.8 - Расчет единичной сметной расценки изготовления шлифа (аншлифа)

Наименование расходов	Ед. измерения	Количество единиц	Стоимость единицы, руб.	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:				
Шлифовщик горных пород IV разряда	ч.-см.	6	1190	7140
Подсобный рабочий I разряда	ч.-см.	6	476	2856
ИТОГО:	П	12		9996
ИТОГО с инд. 1.3				12995
Отчисления на социальные нужды 31.0%				5459
ИТОГО:				5459
Материалы				66990.76
Амортизация оборудывания				5196.3
ИТОГО основных расходов				90641.06
Единичная сметная расценка				3237,18

Единичная сметная расценка изготовления шлифа составила 3237.18 рублей. Сумма затраченных средств на изготовление 8-ми шлифов составила 25897,44 рублей.

8. Социальная ответственность

Введение

Основопологающей целью данной работы является выделение и изучение минералого-геохимических особенностей руд и вмещающих пород Воронцовской рудной зоны; анализ геологического строения и закономерностей локализации золотого оруденения Воронцовской зоны; описание геодинамической модели месторождения; анализ перспектив расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.

Обобщение, интерпретация данных, обсуждение результатов работы проводится в камеральном помещении, которое расположено в кабинете самостоятельной работы магистрантов инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология», который расположен в 540 аудитории 20 корпуса инженерной школы природных ресурсов, Национального исследовательского Томского политехнического университета. Аудитория оснащена 10 индивидуальными рабочими местами, каждое рабочее место представляет собой компьютерный стол с тумбой и полками для книг, оснащенный стационарным компьютером (процессор: Intel(R) Core (TM) с монитором Samsung Sync Master 713N. Так же в учебной аудитории имеется круглый стол, рассчитанный на 10 человек. Камеральное помещение имеет естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через окна, искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения. Размеры учебной аудитории составляют: длина - 7 м, ширина - 5 м, высота - 3,5 м.

Целью данного раздела является камеральная обработка данных, которая производится в учебной аудитории за компьютером, поэтому в разделе «Социальная ответственность» будет рассмотрена безопасность работы за рабочим местом в компьютерном классе.

8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и подзаконные акты, принятые представительными органами Российской Федерации (указы президента, постановления правительства РФ и входящих в неё государственных образований), местными органами власти и специально уполномоченными органами. При составлении раздела учитывались необходимые правовые нормы и организационные мероприятия при работе за компьютером.

8.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю [36]. Сокращённая продолжительность рабочего времени при ведении работ, которые профессионально связаны с эксплуатацией ПК, не предусмотрена [37].

Продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать двух часов [34].

Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых). При пятидневной рабочей неделе работникам предоставляются два выходных дня в неделю, при шестидневной рабочей неделе - один выходной день [38].

8.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм. Рабочее место пользователя следует

оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [32].

8.2. Производственная безопасность

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ в этом помещении описаны в таблице 1 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [17].

Таблица 8.1 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ при построении геодинамической модели месторождения Воронцовское.

Этап работы	Ф а к т о р ы (12.0.003-2015 ССБТ с измен. 2018) г.1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p><i>Камеральный этап.</i> Сбор, изучение, анализ имеющихся материалов; камеральная обработка данных, проводится на стационарном компьютере (процессор: Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU 2,60 GHz) с монитором Samsung Sync Master 713N с диагональю 17 дюймов.</p>	<p>1.Недостаточная освещенность рабочей зоны 2.Отклонение параметров микроклимата в помещении Степень эмоционального напряжения Шум ЭМИ</p>	<p>1.Электрический ток 2.Пожарная опасность</p>	<p>ГОСТ 12.1.019 - 79 [20]. ГОСТ 12.1.038-82 [21]. ПТЭ и ПТБ потребителей [29]. СанПиН 2.2.1/2.1.1.127803 [31]. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [49].</p>

Примечание: пожарная безопасность описана как ЧС в п. 1.4.

8.2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения и обоснование мероприятий по снижению воздействия

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику

человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении.

Таблица 8.2 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [31].

Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности (Г горизонтальная) и высота плоскости над полом, м	Освещенность (при общем освещении), лк		Показатель дискомфорта М, не более		Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более	
	Фактическая	Допустимая	Фактический	Допустимый	Фактический	Допустимый
Г - 0,8	400	300	40	40	15	15

Оценка освещенности производилась в соответствии с требованиями к освещению [31]. В таблице 8.2 приведены нормируемые и фактические показатели искусственного освещения. Нормируемые показатели представлены для кабинетов, рабочих комнат, офисов, представительств в административных зданиях (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения). Реальная освещенность на рабочем месте взята из материалов специальной оценки условий труда (С 1 января 2014 г. вместо аттестации рабочих мест введена специальная оценка условий труда, которая должна проводиться в соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 N 426-ФЗ.).

Исходя из табличных данных, можно сказать, что освещенность соответствует нормативным данным, следовательно, освещение, оказывает благоприятное влияние на качество рабочего процесса и безопасность учащихся.

2. Отклонение параметров микроклимата в помещении

Независимо от состояния природных условий в производственных

помещениях и на рабочих местах должны быть созданы климатические, безопасные для человека и наиболее благоприятные для выполнения работы.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

К источникам тепла относится вычислительное оборудование, приборы освещения. Из которых 80% суммарных выделений дают ПК, что может повлечь за собой повышение температуры и снижение влажности в помещении.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно - эмоциональным напряжением [33].

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах [35].

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 6.3, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

По интенсивности общих энергозатрат организма в процессе труда работа с ПК относится к категории работ 1а [33].

Таблица 8.3 – Оптимальные величины и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений при работе в компьютерном помещении [32].

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, С		Температура поверхностей, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Факт.	Оптималь.	Факт.	Оптималь.	Факт.	Оптималь.	Факт.	Оптималь.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Холодный	Ia	23	22-24	23	21-25	50	60-40	0,1	0,1
Теплый	Ia	24	23-25	24	22-26	50	60-40	0,1	0,1

Таблица 8.4 – Допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений при работе в компьютерном помещении [32].

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	20,0-21,9	19,0-26,0	15-75	0,1
Теплый	Ia	21,0-22,9	20,0-29,0	15-75	0,1-0,2

Анализируя таблицу, можно увидеть, что показатели характеризуют микроклиматические условия как оптимальные, которые при их воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают оптимальное тепловое состояние организма. В этих условиях напряжение терморегуляции минимально, общие и (или) локальные дискомфортные тепло ощущения отсутствуют, что позволяет сохранять высокую работоспособность.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия: системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого. В помещениях, оборудованных ПК, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПК [32].

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 [19] и СанПиН 2.24.548-96

[33]. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В нормах производственного микроклимата отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

3. Степень нервно-эмоционального напряжения

При длительной работе с ПК можно заметить симптомы, обусловленные раздражением глаз: покраснение глаз, слезотечение, чувство сухости глаза. Больше всего неприятностей доставляют симптомы зрительной усталости: тяжесть в области век и надбровий, трудности с фокусировкой, затуманивание зрения, иногда слезотечение. Чтобы избежать таких последствий, необходимо делать перерывы каждые 2 часа.

При непрерывной работе с ПК необходимо выполнять комплекс профилактических мероприятий:

-делать гимнастику для глаз каждые 20-25 минут работы на ПК, а при появлении дискомфорта, выражающегося в быстром развитии усталости глаз, мелькании точек перед глазами и т.п., гимнастика для глаз проводится индивидуально и самостоятельно, независимо от указанного времени.

-для снятия частичного утомления должна проводиться физкультурная зарядка с разного рода упражнениями;

-для снятия общего утомления, улучшения функций нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также мышц рук, спины, шеи и ног, следует проводить продолжительную зарядку на все группы мышц, на зарядку следует отвести 15 минут [32].

4. Шум

Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего

ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой 16-20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм. Гигиенические нормативы шума определены ГОСТ 12.1.003 - 83* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СН 2.2.4/2.1 .8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий».

Таблица 6.5 Нормативные значения уровней шума на рабочих местах (ГОСТ 12.1.003 - 83*) [42]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквиваленты уровней звука, дБа
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Помещения для точной сборки	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для снижения шума в помещениях проводятся следующие основные мероприятия:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- звукопоглощение и звукоизоляция;
- рациональное размещение оборудования.

5. ЭМИ

Электромагнитное излучение (ЭМИ). Основным вредным фактором, воздействию которого подвергается инженер-исследователь при работе за компьютером, является электромагнитное излучение. Оно пагубно влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также способствует ослаблению памяти и возникновению онкологических заболеваний.

С целью снижения вредного влияния электромагнитного излучения при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования [32].

Длительность работы без перерыва взрослого пользователя должна быть не более 2 ч, ребенка 10:20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы следует менять содержание и тип деятельности (чередовать ввод данных и редактирование). Согласно требованиям санитарных норм необходимы обязательные перерывы при работе за компьютером, во время которых рекомендовано делать упражнения для глаз, рук и опорнодвигательного аппарата.

Рабочее место с компьютером должно располагаться по отношению к окнам таким образом, чтобы лучи света падали слева. Если в помещении находится несколько компьютеров, то расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов - 1,2 м. Оптимальным расстоянием между экраном монитора и глазами работника является 60:70 см, но не ближе 50 см.

Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные фильтры (экраны).

8.2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения и обоснование мероприятий по снижению воздействия

1. Электрический ток

Электрические установки, к которым относятся практически все оборудование ПК, представляет для человека большую опасность, так как в процессе использования или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от: рода и величины напряжения и тока, частоты тока, пути тока через тело человека, продолжительность воздействия электрического тока на организм человека, условий внешней среды.

Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании тока через тело. Коснувшись проводника, который находится под напряжением, человек становится частью электросети, по которой начинает протекать электрический ток. Как известно, организм человека состоит из большого количества солей и жидкости, что является хорошим проводником электричества, поэтому действие электрического тока на организм человека может быть летальным.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие - термическое, электролитическое, биологическое, механическое.

К работе в электроустановках должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний [21].

Напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 6.4 [21].

Основные нормативные акты, устанавливающие требования электробезопасности являются ГОСТ 12.1.019 -79 [20] и ГОСТ 12.1.038-82 [21].

Таблица 1.4 - Предельно допустимые значения напряжений и токов [21]

Род тока	Напряжение (U), В	Сила тока (I), мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Примечания:

Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 минут в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения.

Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 250 С) и влажности (более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, т.е. соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [29], правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей [29] (ПТЭ и ПТБ потребителей) и правил устройства электроустановок (ПУЭ) [30].

Аудитория, где проводится камеральная обработка результатов научной деятельности, согласно ПУЭ [30] относится к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током (относительная влажность воздуха - не более 75 %, температура воздуха +25С_о, помещение с небольшим количеством металлических предметов, конструкций).

Для предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих на ПК:

- все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети;

- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;

- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;

-все соединения ПК и внешнего оборудования должны проводиться при отключенном электропитании.

8.3. Экологическая безопасность

Эксплуатация далеко не самая сложная операция с персональным компьютером, с точки зрения экологии, самая сложная операция — это утилизация.

Вся оргтехника включает в свой состав как органические составляющие (пластик различных видов, материалы на основе поливинилхлорида, фенолформальдегида), так и почти полный набор металлов.

Техногенный мусор в виде отслуживших свой срок компьютеров не может быть уничтожен самой природой. Более того, их громоздкость и наличие внутри ядовитых химических веществ не позволяют подвергать эту технику уничтожению способом сожжения.

Порядок утилизации компьютеров:

1. Создание комиссии на предприятии, имеющем технику, подлежащую утилизации. Это внутренняя комиссия, которая создается для коллективного принятия решения о том, какая именно техника может быть списана.

2. Составление экспертного заключения о том, что техника действительно «отжила свое» и должна быть списана. В качестве эксперта может выступать как независимый специалист, так и сотрудник компании, имеющий диплом, подтверждающий его компетентность в работе с данной техникой.

3. Составление акта технической экспертизы, подтверждающего, что техника уже вышла из строя и не подлежит ремонту либо же что ремонт её уже нецелесообразен. Составление акта списания компьютерной техники с обязательным отображением в бухгалтерском учете предприятия.

4. Утилизация техники на соответствующем предприятии, имеющем право на переработку компьютеров.

5. Получение официального подтверждения в виде документа,

сообщающего о том, что техника была утилизирована в соответствующем порядке и опасные отходы не будут загрязнять окружающую среду.

Такие металлы, как свинец, сурьма, ртуть, кадмий, мышьяк входящие в состав электронных компонентов переходят под воздействием внешних условий в органические и растворимые соединения и становятся сильнейшими ядами. Утилизация пластиков, содержащих ароматические углеводороды, органические хлорпроизводные соединения является насущной проблемой экологии, поэтому вся оргтехника должна утилизироваться по правилам [36].

Отдельного положения, регулирующего утилизацию именно техники и компьютеров, в законодательной базе нет. Утилизация и переработка осуществляются согласно общим положениям. Списанные компьютеры относятся к отходам и должны быть утилизированы в порядке, указанном в законодательстве в сфере обращения с отходами. Отходы, содержащие в себе части цветных металлов, относятся к категории металлолома и подпадают под соответствующую категорию. Если техника содержит в себе опасные для окружающей среды вещества - тяжелые металлы, соли, - она подпадает под категорию опасных отходов [37].

8.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе рассматривается чрезвычайная ситуация - пожары в зданиях, сооружениях жилого, социального и культурного назначения, относящаяся к классу ЧС техногенного характера.

В современных ПК очень высока плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются

91 соединительные провода, коммутационные кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 80-100°C. При повышении температуры отдельных узлов возможно оплавление изоляции соединительных проводов, которое ведет к короткому замыканию, сопровождающееся, в свою очередь, искрением.

«Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» утвержден федеральным законом от 22 июля 2008 г [22]. – определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и общие принципы обеспечения пожарной безопасности.

Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся:

- конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению;
- ограничения пожарной опасности строительных материалов; используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;
- снижение технологической взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий;
- наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;
- сигнализация и оповещение о пожаре.
- В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты:
 - «План эвакуации людей при пожаре»;
 - для локализации небольших загораний помещение оснащено углекислотными огнетушителями (ОУ-8 в количестве 2 шт.);
 - установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчики-сигнализаторы типа ДТП).

В данном помещении не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателях.

Выводы по разделу

В представленном разделе были проанализированы вредные и опасные факторы, риск возникновения которых наиболее вероятен при проведении исследований в лаборатории или компьютерном классе, в рамках написания магистерской диссертации. А также на основании нормативно-правовой документации составлены мероприятия по борьбе с выше озвученными вредными факторами. Составленные мероприятия нацелены на снижение пагубного влияния вредных и опасных факторов на здоровье, а также повышение работоспособности учащихся.

Заключение

По результатам проведенной работы допустимо сделать о том, что Воронцовское месторождение имеет ряд общих черт с месторождениями типа Карлин. Оно локализовано в существенно карбонатном разрезе (с подчиненной долей кремнисто-терригенного и вулканогенного материала), нарушенном крутопадающими (в т.ч. флюи-доподводящими) и пологими (в т.ч. рудовмещающими) зонами разлома. Стратиграфический уровень рудовмещающих пород - девон - является наиболее золотоносным и в Неваде. Аналогичны синрудные изменения известняков - окремнение (джаспериоды), а терригенных пород - аргиллизация. Рудные залежи имеют пологий, стратиформный характер; они часто сопровождают зоны брекчий, сопряженных с надвигами и/или седиментационных. Типичными являются рассеянная золото-сульфидная минерализация, представленная тонко-зернистыми сульфидами, и микронный-субмикронный размер частиц самородного золота, в основном включенных в обогащенный As пирит; помимо пирита, наиболее характерными спутниками самородного золота являются реальгар и арсенопирит. Заметная часть Au входит изоморфно в состав сульфидов. Руды имеют золото-ртутно-таллиево-мышьяковый геохимический спектр. Оруденение во многом близко к эпитептермальному, глубина формирования руд оценивается в 1.5-2 км. Очень вероятной является связь золотой минерализации с магматическими/постмагматическими процессами. Не исключена, так же, как и на невадийских месторождениях, его генетическая связь с позднепалеозойским (на Урале - Ауэбаховским) или мезозойским (триасовым) этапами магматической активности. [4]

В данной работе выполнено изучение минералого-геохимических особенностей руд Воронцовской зоны, анализ геологического строения и закономерностей локализации золотого оруденения Воронцовской рудной зоны, описание геодинамической модели месторождения, а также анализ перспектив расширения минерально-сырьевой базы Воронцовского рудного узла.

На основании обобщенных данных по количеству прогнозных ресурсов изучаемой территории порядка 130 тонн золота на семи перспективных участках, Воронцовская золоторудная зона и в дальнейшем будет являться ценным объектом для изучения с прикладной позиции как научного, так и экономического интереса.

Список использованной литературы

Опубликованные:

1. Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (Карлинский тип): новые данные и проблемы – г. Екатеринбург, Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого, 2010. – 8 с.
2. Иванов А.И., Черных А.И., Вартанян С.С. Состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации – М., ФГУП ЦНИГРИ, 2018. – 10 с.
3. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., В. А.Коротеев, Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала: Научное издание (второе, исправленное и дополненное). – Екатеринбург: Изд-во УГТГА. 2001. – 622 с.
4. Викентьев И.В., Тюкова Е.Э., Мурзин В.В., Викентьева О.В., Павлов Л.Г. Воронцовское золоторудное месторождение. Геология, формы золота, генезис. – М., Форт Диалог-Исеть, 2016. – 204 с.
5. Константинов М.М. Системы рудообразования в земной коре // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2009. №5. с. 28
6. Рахов Е.В. Рудоносные брекчии Воронцовского месторождения: Их состав, генезис и роль в формировании золотого оруденения. Дис. ... кан. геолого-минер. наук. – Екатеринбург. 1999. – 177 с.
7. Сазонов В.Н., Коротеев В.А. Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала (геологическая позиция, зональность, минералогическая, химическая и текстурно-структурная трансформация эдуктов и прогностическое значение). – Екатеринбург. Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009. – 161 с.
8. PAAR, W., GÜNTHER, W., GRUBER, F. (2006): Das Buch vom Tauerngold. – 568 S., Verlag Anton Pustet.
9. WEBER, L. ed. (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. – Erläuterungen zur

Metallogenetischen Karte von Österreich 1:500.000. – Arch. f. Lagerst. Forschg. Geol. B. – A., 19, 607 S., Wien.

10. WEBER, L. & ZSAK, G. (2008): World Mining Data. – 296 S., Bundesministerium f. Wirtschaft und Arbeit (Ed.), Wien.

Фондовые материалы:

11. Карнаухов В.П. Отчет «О результатах поисковых геолого-геофизических работ в районе Турьинских меднорудных месторождений за период с 1 октября 1964 года по 30 сентября 1966 года».

12. Гильманов Н.В. Отчет «О результатах опережающих работ по подготовке геофизической основы с целью поисков месторождений золота на Пещерном участке в Краснотурьинском районе Свердловской области за 1988-1991 г.г.».

13. Шмит П.Б. Информационный отчет «О результатах незавершенных работ по поискам рудного золота в северной части Краснотурьинского рудного района на Пещерно-Ауэрбаховской площади за 1995-2004 годы».

14. Готтман А.А. План развития горных работ по карьере «Воронцовский» ЗАО «Золото Северного Урала» на 2014 год. (Геол. часть)

15. Готтман А.А. Проект «Расширение открытых горных работ с вовлечением в отработку запасов южного участка Воронцовского месторождения»

16. Козлов В.В., Бобров В.Н. Программа геологоразведочных работ ЗАО «Золото Северного Урала» на 2004-2008 г.г. на рудное золото.

Нормативные материалы:

17. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

18. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

19. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие

требования и номенклатура видов защиты.

20. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

21. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы, Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

22. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

23. ГОСТ 17.2.2.01-84 Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений

24. ГОСТ 17.0.0.04-90 Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.

25. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. 101

26. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014)

27. Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03»

28. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Атомиздат, 1912.

29. Правила устройства электроустановок. 7-е изд., разд. 1, 6, 7. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

31. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор,

2003.

32. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

33. ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере». - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

34. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. - N 1 (Ч. 1). - Ст. 3.

35. Трудовой кодекс Российской Федерации часть 3 глава 15 ст. 91

36. Трудовой кодекс Российской Федерации часть 3 глава 15 ст. 92

37. Трудовой кодекс Российской Федерации часть 3 глава 18 ст. 11

38. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". 102

39. ICCSR 26000:2011 «Социальная ответственность организации».

40. Утилизация компьютеров – необходимость, обусловленная уровнем развития человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://greenologia.ru/utilizaciya-texniki/ofisnaya/kompyutery/utilizaciya-kompyuterov.html>

41. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016) "Об отходах производства и потребления".

42. ГОСТ 12.1.003 - 83* Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)

Приложение А

«Aktuelle Entwicklungen beim weltweiten Edelmetallbergbau»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Гриков Андрей Владимирович		

Консультант школы отделения (НОЦ) _____ (аббревиатура школы, отделения (НОЦ)) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Домаренко Виктор Алексеевич	к.г.н. – м.н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы _____ (аббревиатура отделения (НОЦ) школы):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Щеголихина Юлия Викторовна	к.ф.н.		

Aktuelle Entwicklungen beim weltweiten Edelmetallbergbau

Einleitung:

Die Edelmetalle Gold, Silber, Platin, Palladium und Rhodium sind mineralische Rohstoffe, die aufgrund ihrer technischen Eigenschaften für die Wirtschaft unverzichtbar sind. Dabei muss aber mit Sorge auf eine Konzentration von wenigen Produzentländern hingewiesen werden. Zudem stammt mehr als die Hälfte der Edelmetallproduktion aus politisch instabilen Ländern. [8]

In der vorliegenden Arbeit werden die für die einzelnen Metalle wichtigsten Lagerstättentypen und deren Verbreitung beschrieben. In der Folge werden die Verwendungszwecke, die Herkunftsländer, die Versorgungssicherheit, Preisentwicklungen und bemerkenswerte Trends beschrieben. Physische Verknappungen sind bei diesen Rohstoffen in den nächsten Generationen zwar nicht zu befürchten, künstlich herbeigeführte Engpässe dieser für bestimmte Technologien nur schwer substituierbaren Rohstoffe können aber keineswegs ausgeschlossen werden. Diese können gravierende Auswirkungen auf die Wirtschaft haben.

Mineralische Rohstoffe sind für die Wirtschaft
unverzichtbar

Bergbau zählt neben der Landwirtschaft zur Urproduktion. Die Häuser, in denen wir leben, die Straßen, auf denen wir fahren, die Fahrzeuge, die wir benützen, sind nahezu ausschließlich aus mineralischen Rohstoffen hergestellt. Eine funktionierende Wirtschaft ist daher auf die ausreichende Versorgung mit kostengünstigen mineralischen Rohstoffen – somit auch von Edelmetallen – angewiesen. Edelmetalle dienen keineswegs nur als Rohstoff für Schmuckgegenstände oder Münzen, sondern sind für wichtige, unverzichtbare Gegenstände des täglichen Lebens in der Umwelttechnik, Medizin, Hochtechnologie etc. erforderlich.

Auch wenn der Anteil der Bergbauproduktion gemessen am Bruttoinlandsprodukt mit 0,4% vermeintlich gering ist, kann die Bedeutung der Rohstoffgewinnung indirekt am Anteil an der Sachgüterproduktion gemessen werden,

die durch die Wertschöpfung auf nahezu 28% eine signifikante Vergrößerung erfährt.

Lange Zeit waren mineralische Rohstoffe auf den Weltmärkten in ausreichender Menge und kostengünstig verfügbar. Viele industrialisierte, vor allem west – und mitteleuropäische, Länder verzichteten aufgrund hoher Gewinnungskosten auf die Produktion aus eigenen Bergbauen und besorgte die benötigten Rohstoffe vom freien Markt.

In den vergangenen Jahren hat sich jedoch die Angebots– und Preissituation auf den Rohstoffmärkten dramatisch verändert. Die Triebfeder ist in fernöstlichen Staaten, insbesondere China und Indien zu suchen, deren Wirtschaftswachstum sich enorm entwickelte. Dieses liegt in China derzeit bei über 10%. Noch in den vergangenen Jahren überschwemmte China den Weltmarkt mit billigen Rohstoffen. Mittlerweile ist aber aus dem Exportland ein Importland geworden, woraus sich ein regelrechter Paradigmen – wechsel ergeben hat. Seit November 2006 wird auf eine Reihe von wichtigen mineralischen Rohstoffen sogar ein Exportzoll eingehoben, um den Export der für die chinesische Wirtschaft wichtigen Rohstoffe zu erschweren und somit den Export höherwertiger Güter zu fördern (O'DRISCOLL, M. 2006a).

Auch Indien zählt zu den aufstrebenden Rohstoffnationen. Anlässlich des 19. Weltbergbaukongresses 2003 in New Delhi kündigte der indische Staatspräsident Abdul Kalam in seiner Inaugurationsrede an, den Anteil des Bergbaus am indischen Bruttoinlandsprodukt von (damals) 3 bis 5% auf 10% steigern zu wollen. Im Gegensatz zu China agiert Indien durchaus auch als Exportland. Da beispielsweise aufgrund von Langzeitverträgen mit indischen Abnehmern nur unzureichende Erlöse erzielt werden können, wird mehr als die Hälfte der Eisenerzproduktion zu den derzeit hohen Weltmarktpreisen exportiert.

Um Engpässe bei der Rohstoffversorgung erkennen zu können, ist es erforderlich, die Entwicklungen im internationalen Bergbau sorgfältig zu prüfen, um allenfalls entsprechende Gegenmaßnahmen treffen zu können. Eine sorgfältige Prüfung der Versorgungssicherheit setzt die Klärung einer Reihe von Fragen voraus. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden an Hand von ausgewählten mineralischen

Rohstoffen in erster Linie die unterschiedlichen regionalen Trends diskutiert. In der Folge werden sektorale Trends, wie Konzentration von Lieferländern, Produzenten, die politische Stabilität der Lieferländer etc. analysiert. [8]

Grundsätzliches über Lagerstätten von Edelmetallen

Als Edelmetalle werden natürlich vorkommende, schwach reaktive, nicht oder nur äußerst schwer oxidierbare Schwermetalle mit besonderen chemischen und physikalischen Eigenschaften verstanden (Tab. 1). Dazu zählen Gold, Silber, Platin und die Platingruppenelemente (Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Ruthenium).

Edelmetalle treten in der Natur äußerst selten auf. Als Faustregel gilt, dass 9 Elemente die Erdkruste zu 99% aufbauen (siehe Tab. 2). Von einer Lagerstätte wird dann gesprochen, wenn der Durchschnittsgehalt in der Erdkruste um ein Vielfaches überschritten wird. Während etwa der Durchschnittsgehalt des Eisens in der Erdkruste bei ca. 5% (= 50.000 ppm) liegt – dieser Wert wird auch als „Clark-Wert“ bezeichnet –, gelten Eisenerzlagerstätten dann als wirtschaftlich abbaubar, wenn sie Eisengehalte zwischen 30 und 60% aufweisen. In diesem Fall sind Anreicherungsfaktoren von 6 bis 12 erforderlich. Bei den Edelmetallen liegen die Durchschnittswerte in der Erdkruste wesentlich tiefer. Goldlagerstätten gelten ab einem Gehalt von etwa 5 g/t (=5 ppm) und entsprechender Menge als wirtschaftlich gewinnbar. Hieraus resultiert ein Anreicherungsfaktor von 1000. Die physikalischen Eigenschaften der Edelmetalle streuen stark (tabelle 1). Durchschnittsgehalt in der Erdkruste (tabelle 2).

Tabelle 1 – Physikalische Eigenschaften der Edelmetalle [8]

	Dichte	Schmelzpunkt
Gold	19,3	1063°C
Silber	10,5	961°C
Platin	21,4	1772°C
Palladium	12,0	1552°C
Rhodium	12,4	1963°C
Iridium	22,4	2443°C
Osmium	22,5	3050°C

Tabelle 2: Durchschnittsgehalte bestimmter Elemente in der Erdkruste und deren Anreicherungsfaktoren mit besonderer Berücksichtigung der Edelmetalle [8]

Element	In %	In ppm(g/t)	Anreicherungs- faktoren
O	46,60%	460000ppm	
Si	27,72%	277200ppm	
Element	In %	In ppm(g/t)	Anreicherungs- faktoren
Al	8,73%	87300ppm	
Fe	5,00%	50000ppm	
Ca	3,63%	36300ppm	6–12
Na	2,63%	26300ppm	
K	2,59%	25900ppm	
Mg	2,09%	20900ppm	
Ti	0,44%	4400ppm	
Ag		0,07ppm	
Au		0,005ppm	1000
Pt(PGE)		0,005ppm	1000

Eine Anreicherung zu Lagerstätten erfolgt keineswegs zufällig, sondern aufgrund der Naturgesetze. Ob, wann und wo sich Lagerstätten bilden, hängt von zahlreichen Faktoren ab. In bestimmten Fällen ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Metallanreicherung und gebirgsbildenden und/oder magmatischen Prozessen in der Erdkruste gegeben. So können sich durch Abkühlung einer Schmelze bestimmte wirtschaftlich bedeutende Erzminerale mit hohem Schmelzpunkt und hoher Dichte bilden („liquidmagmatische“ Lagerstätten). Auf diese Weise entstanden auch wichtige Lagerstätten des Platins und der Platingruppenelemente.

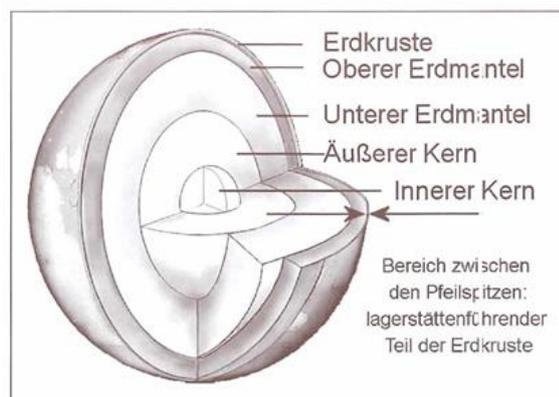


Figure 1: Schematische Darstellung des Aufbaus der Erde.–Von der ca. 40km mächtigen Erdkruste sind derzeit max. 4km zur Rohstoffgewinnung technisch und wirtschaftlich zugänglich. [8]

Sind an der Metallanreicherung mineralisierte, (hoch–) temperierte wässrige Lösungen beteiligt, spricht man von „hydrothermalen“ Lagerstätten. Zu den

wichtigsten Lagerstättentypen hydrothermaler Entstehung zählen die goldführenden gang – bis klufförmigen Scherzonenvererzungen, die Carlin – Type – Vererzungen und klassische hydrothermale Gänge wie z. B. die Tauerngoldgänge.

Gang – bis klufförmige, silberführende Komplexerzlagerstätten (primäre Silbererzlagerstätten) sind ebenfalls hydrothermaler Entstehung. Von wirtschaftlich größerer Bedeutung sind allerdings hydrothermal entstandene silberführende Blei–Zinkvererzungen. Dabei tritt der Bleiglanz als Silberträger auf, wobei die Silberkonzentration im Bleiglanz mehrere hundert ppm betragen kann. Auch lagerförmige Blei–Zinkerzlagerstätten, die sich am Meeresboden durch Sedimentationsprozesse gebildet haben, sind wichtige Silberlieferanten. Platin und Platingruppenelemente bilden sich dem gegenüber im hydrothermalen Stadium aus physikochemischen Gründen nicht.

Anreicherungen, die im Wesentlichen durch physikalische Vorgänge gebildet wurden, werden auch als „mechanisch sedimentäre“ Vererzungen bezeichnet. Vererzungen dieses Typs sind die sogenannten oligomikten Konglomerate (lagerförmig) und die rezente Seifen. In diesem Lagerstättentypus kann sich insbesondere Gold anreichern.

Die genaue Kenntnis der Bildungsbedingungen ist jedenfalls eine wichtige Grundvoraussetzung für die gezielte Suche nach derartigen Lagerstätten.

Wenngleich Rohstoffvorkommen auch in tieferen Bereichen der bis zu 40 km dicken Erdkruste auftreten können, sind einer wirtschaftlichen Gewinnung technische Grenzen gesetzt. Mit zunehmender Tiefe steigen der Gebirgsdruck und die Gebirgstemperatur an. Die tiefsten Bergbaue befinden sich momentan in Südafrika. Mit einer Tiefe von ca. 3800 m gilt derzeit die Savuka Mine im Witwatersrand Basin (südwestlich von Johannesburg) als 89 tiefster Bergbau der Welt. In diesen Tiefen herrschen bereits Gebirgstemperaturen von über 70 °C, wodurch eine äußerst kostenaufwendige Kühlung der Wetter auf erträgliche Arbeitstemperaturen erforderlich ist.

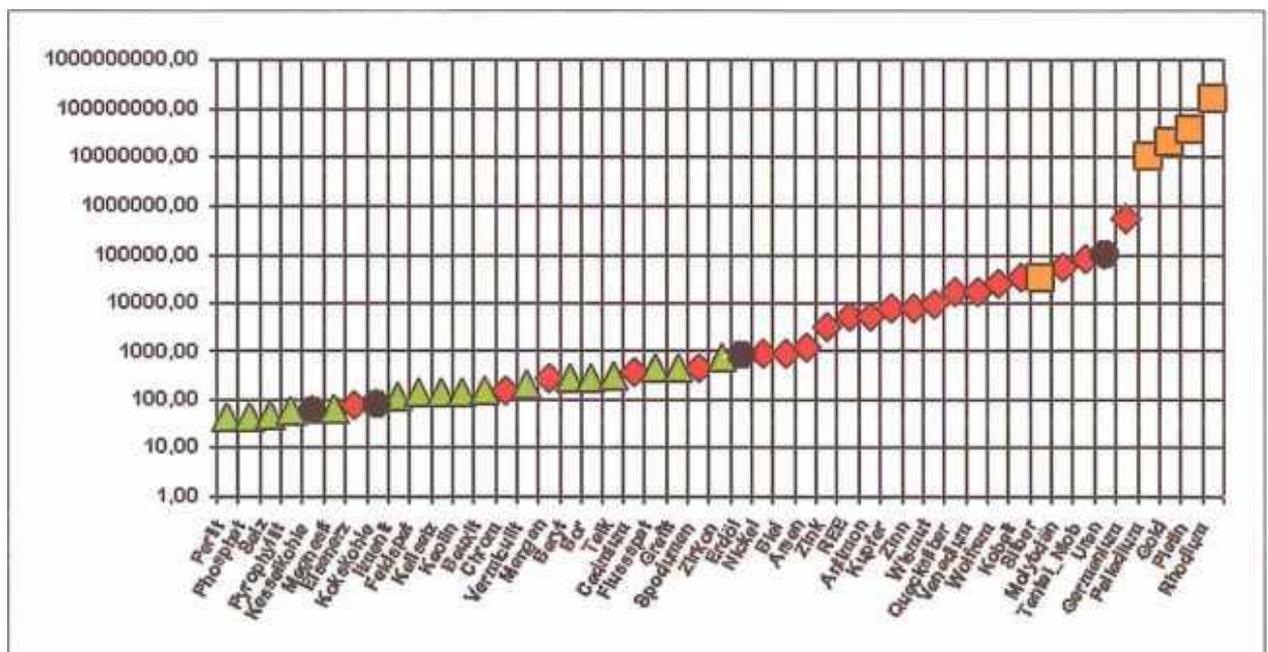
Hieraus geht aber auch deutlich hervor, dass nach dem derzeitigen Stand der

Technik nur die obersten Teile der Erdkruste für eine Rohstoffgewinnung zur Verfügung stehen.

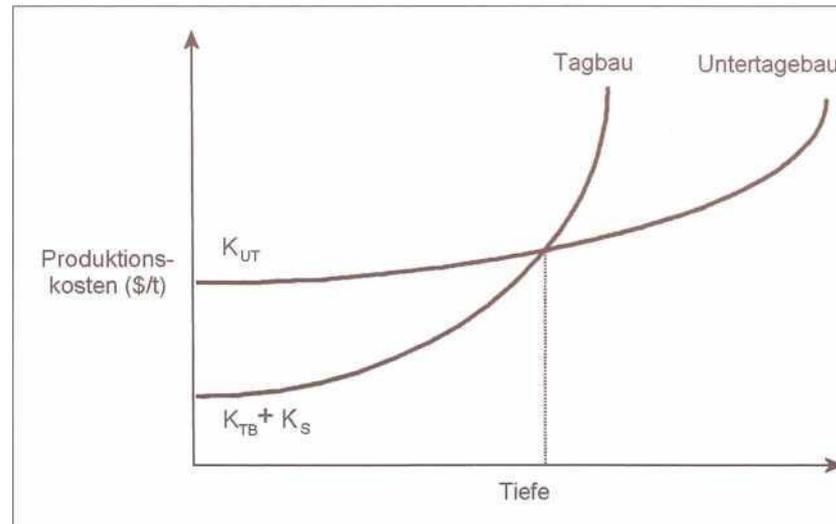
Fig. 2 zeigt deutlich, dass sich die metallischen Rohstoffe auf einem höheren Preisniveau als die Industriemineralien und Energierohstoffe bewegen. Nicht zuletzt aufgrund der Seltenheit heben sich die Rohstoffpreise der Edelmetalle von den übrigen Rohstoffen deutlich ab.

Ob eine Lagerstätte tagbaumäßig oder untertägig genutzt werden kann, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen die Form und die Mächtigkeit der Lagerstätte (gangförmig, lagerförmig, diffus), die Tiefenerstreckung, die spezifischen Gewinnungskosten und der Rohstoffpreis.

Die Grafik (Fig. 3, nächste Seite) zeigt deutlich, dass die Gewinnungskosten sowohl bei Tagbauen als auch untertägigen Bergbauen mit zunehmender Tiefe steigen. Während bei Tagbauen mit geringen Tiefen die Gewinnungskosten noch recht niedrig sind, steigen diese mit zunehmender Tiefe merklich an, weil mehr Taubmaterial anfällt.



Figur 2: Rohstoffpreise in US-\$/t (durchschnittliches Preisniveau 2006). Aufgrund der enormen Spannweite der Rohstoffpreise ist die Vertikalachse logarithmisch geteilt. — Grüne Dreiecke: Industriemineralien; schwarze Punkte: Energierohstoffe; rote Rauten: Erze des Eisens, der Stahlveredler, Bunt- und Sondermetalle; orange Quadrate: Edelmetalle. [8]



Figur 3: Gegenüberstellung der Gewinnungskosten bei Tagbau und Untertagebau (nach R. NÖTSTALLER). [8]

Bei untertägigem Abbauen sind die Gewinnungskosten auch bei geringen Teufen aufgrund der höheren Aufwendungen für den Lagerstättenaufschluss und die Anlagen hoch, nehmen aber mit zunehmender Tiefe nicht mehr so stark zu wie bei einem Tagbau.

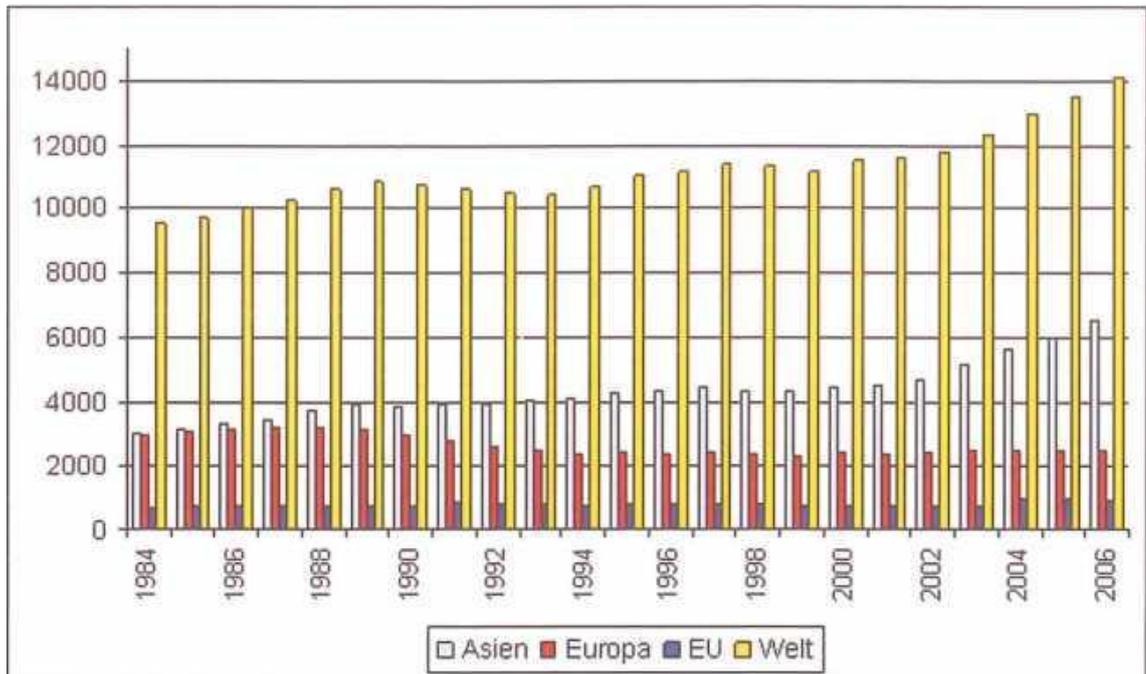
Ab einer bestimmten Tiefe übersteigen die Gewinnungskosten eines Tagbaus jene eines untertägigen Bergbaus.

Entwicklungstrends

Regionale Entwicklungen

Aus Fig. 4 ist deutlich erkennbar, wie sich die Rohstoffproduktion weltweit unterschiedlich entwickelte. Betrug die mengenmäßige Steigerung von 1999 auf 2000 noch 1,3%, war von 2003 auf 2004 bereits ein Anstieg um 5,5% zu verzeichnen. Die stärksten Produktionszuwächse waren dabei im asiatischen Raum zu bemerken. Dem gegenüber ging die Bergbauproduktion im europäischen Raum durch die politische Neuausrichtung Osteuropas merklich zurück. Während beispielsweise China und Indien ihre Kohlenproduktion ständig erhöhen, wurde die Steinkohlenproduktion Polens sowie die Braunkohlenförderung in den neuen Bundesländern Deutschlands merklich zurückgenommen. Insgesamt ist der mengenmäßige Anteil der Bergbauproduktion der Länder der Europäischen Union gemessen an der

Weltproduktion gering.



Figur 4: Mengenmäßige Entwicklung der Bergbauproduktion in Mio t (ausgenommen Baurohstoffe) Welt/Europa/Asien/E'U (25) – Quelle: WEBER, L., ZSAK, G.: WORLD MINING DATA 2008. [8]

Der Zerfall der Staatshandelsländer zu Beginn der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts spiegelt sich auch in der Rohstoffproduktion wider. Nach einem Produktionstief zu Ende des vergangenen Jahrzehnts ist wieder eine merkbare Erholung erkennbar.

Mit Sorge ist jedoch die politische Stabilität der Lieferländer zu beurteilen. Dabei wurde auf die Einschätzung der politischen Stabilität der WORLD BANK (KAUFMANN, D. et al. 2006) zurückgegriffen, die sehr detailliert unter anderem auf die Wahrscheinlichkeit einer Verstaatlichung oder der drohenden Terrorgefahr in den einzelnen Produktionsländern eingeht. Verschneidet man die Produktionsmengen der einzelnen Lieferländer mit der Einschätzung deren politischer Stabilität, zeigt sich deutlich, dass mehr als zwei Drittel der weltweiten Rohstoffproduktion aus politisch instabilen Ländern stammt.

Sektorale Entwicklungen

Gemessen an der Weltbergbauproduktion tragen die Energierohstoffe mengenmäßig am stärksten bei. Mit knapp über 20 Mio t (bezogen auf den

Wertstoffgehalt) spielen die Edelmetalle im Hinblick auf den Wertstoffgehalt scheinbar nur eine geringe Rolle. Im Vergleich zu anderen Rohstoffen ist allerdings zu berücksichtigen, dass dabei wesentlich mehr Hauwerk bewegt werden muss: Berücksichtigt man bei Eisenerzlagerstätten einen durchschnittlichen Fe-Gehalt von 60%, müssen dafür rund 1,2 Mrd t Gestein bewegt werden. Bei Gold und Platin liegen die Durchschnittsgehalte allerdings bei lediglich 5 g/t (= 0,0005%), so dass zur Bereitstellung von rund 2837 t Gold, Platin, Palladium und Rhodium demgegenüber etwa 5,7 Mrd t Hauwerk (Run of Mine = ROM) anfallen. Silber wurde in diese überschlägige Kalkulation nicht einbezogen, da dieses Edelmetall vorwiegend als Beiprodukt bei der Verhüttung von Komplexerzen anfällt.

Der überwiegende Teil der Edelmetalle stammt aus außereuropäischen Ländern. Bei der detaillierten Behandlung der einzelnen Edelmetalle werden die Gründe hierfür ausführlich beschrieben. Aus diesem Grund ist auch die Edelmetallproduktion in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union gemessen an der Weltproduktion marginal.

Tabelle 3: Anteil der Produktion der EU an der Weltproduktion der einzelnen Edelmetalle – Quelle: WEBER, L., ZSAK, G.: WORLD MINING DATA 2008 [9]

	2003	2004	2005	2006
Gold	0,57%	0,58%	0,39%	0,50%
Silber	2,15%	8,80%	8,08%	8,34%
Platin	0,24%	0,36%	0,39%	0,37%
Palladium	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%
Rhodium	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Der Beitritt Polens im Jahre 2004 hat jedoch zu einer merklichen Erhöhung des Produktionsanteils geführt. [9]

Gold

Lagerstättenkundliche Stellung

Gold tritt einerseits in eigenen Lagerstätten, andererseits aber auch als wirtschaftliches Beiprodukt in polymetallischen Vererzungen auf (primäre Lagerstätten). Zu den wichtigsten Typen der (primären) Lagerstätten zählen hydrothermal entstandene Vererzungen wie z. B. die gang – bis klufförmig ausgebildeten Scherzonenvererzungen, die Carlm-Type-Vererzungen mit äußerst

unregelmäßiger, diffuser Verteilung des Wertstoffes Gold sowie die „klassischen“, zumeist polymetallischen hydrothermalen Gänge („Tauerngoldgänge“). Als sekundäre Vererzungen werden solche Anreicherungen verstanden, die durch (mechanische) Abtragung (Erosion) von goldführenden Gebirgs – formationen entstanden sind, und über Flüsse zu den heutigen Ablagerungsräumen transportiert worden sind. Zu diesem Lagerstättentyp zählen die wirtschaftlich bedeutenden „oligomikten Konglomerate“ mit den bekannten Lagerstätten im Witwatersrand –Becken in Südafrika, oder die rezent gebildeten Goldseifen (Alaska, British Columbia, Ostalpen).

Primäre Vererzungen Scherzonenvererzungen sind an Grüngesteinsgürtel Alter Schilde gebunden. Sie treten in unmittelbarer Nähe von granitischen Intrusionskörpern auf. Durch die Intrusion dieser granitischen Schmelzen wurden weitanhaltende und tiefgreifende Strukturen („Scherklüfte“) gebildet. Im Zuge der Abkühlung der granitischen Schmelze bildeten sich in der Abkühlungsfront metallhaltige, hydrothermale Lösungen, die in der Folge in die Klufthohlräume („Scherzonen“) eindringen konnten. Die Lagerstättenbildung wird somit durch das räumliche und zeitliche Zusammenspiel von proterozoischen Grüngesteinsgürteln, (relativ) jüngeren Granitintrusionen, struktureller Ausbildung und hydrothermalen Aktivität kontrolliert. Derartige Scherzonenvererzungen finden sich beispielsweise im Grüngesteinsgürtel von Barberton (Rep. Südafrika), im Abitibi–Grüngesteinsgürtel (Ontario/Kanada) oder in den Kolar Goldfields (Indien). Die meisten Scherzonenvererzungen entstanden vor mehreren Milliarden Jahren (Abitibi: ca. 2,7 Mrd Jahre, Barberton: ca. 3,3 Mrd Jahre) und zählen somit zu den ältesten bekannten Vererzungen der Erde. All diesen Lagerstätten ist gemein, dass sie gang – bis klufförmig, auf mehrere Kilometer im Streichen (horizontale Erstreckung) zu verfolgen sind und auch bis in große Tiefe (über 3500 Meter) reichen. Die Metallgehalte schwanken beträchtlich und liegen in Größenordnungen von ca. 10 g/t. Lediglich im Einflussbereich von Oberflächenwässern können durch Zementationsvorgänge auch wesentlich höhere Metallgehalte auftreten. Bedeutende Goldanreicherungen finden sich auch in Gangvererzungen, wie beispielsweise jenen des Mother Lode Districts in Kalifornien

oder den klassischen Golderzgängen der Hohen Tauern. Letztere bildeten sich als Folge einer hydrothermalen Aktivität während der jungalpidischen Gebirgsbildung vor rd. 30 Mio Jahren. Diese Vererzungen liegen in den Zentralgneisen der Tauern und sind an bestimmte NNE – SSW streichende Strukturen gebunden.

Im Imhofstollen, der das Gasteiner Tal mit dem Rauriser Tal verbindet, wurden mehrere dieser Gangvererzungen aufgefahren. Dabei zählt der sogenannte Dionysgang zu den wohl bekanntesten Lagerstättenteilen dieses Erzbezirkes (PAAR, W., GÜNTHER, W, & GRUBER, F. 2006; WEBER, L. ed. 1998).

Zu den heute weltwirtschaftlich bedeutendsten Lagerstätten zählen die Carlin-Type Vererzungen. Sie beziehen ihren Namen nach einer Lokalität im US-Bundesstaat Nevada, in welchem diese Vererzungen weit verbreitet sind und insbesondere seit den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts intensiv untersucht und abgebaut worden sind. Dabei handelt es sich um Vererzungen, die aus hydrothermalen Lösungen entstanden sind, die auf das Nebengestein durch physikochemische Vorgänge wie z. B. in Schwarzschiefern, in Karbonatgesteinen usf. ein wirkten. Diese Vererzungen sind im Gegensatz zu den oben beschriebenen Gang – bis klufftörmigen Vererzungen diffus im Nebengestein verteilt, erstrecken sich allerdings auf größere geologische Gebiete/Bereiche. Die Metallgehalte betragen ebenfalls wenige g/t. Die Vererzungen liegen zumeist oberflächennah und können daher tagbaumäßig genutzt werden.

Sekundäre Vererzungen Im Laufe der geologischen Geschichte wurden die im Archaikum gebildeten Scherzonenvererzungen durch Erosionsvorgänge abgetragen. Das u. a. goldführende Gesteinsmaterial wurde über Flüsse in ruhigere Bereiche transportiert, wo es durch die geringere Strömung nicht mehr weiter verfrachtet werden konnte. Im Deltabereich solcher Flüsse bildeten sich Konglomerate, in welchem sich die schwereren Gemengteile anreicherten. Auf diese Weise bildeten sich die Goldlagerstätten des Witwatersrand Beckens in Südafrika („oligomikte Konglomerate“).

Die sedimentären Vererzungen des Witwatersrand Beckens bildeten sich vor

rund 2,8 Mrd. Jahren. In den goldführenden Konglomeraten treten charakteristischerweise auch gerundete Körner von Pyrit sowie Uraninit auf. Sie sind Zeugen des damals noch sauerstofffreien Klimas und Wassers. Die Edelmetallführung ist an Konglomeratlagen gebunden, deren Mächtigkeit nur wenige Meter beträgt. Die Goldgehalte liegen in einer Größenordnung von mehreren Gramm/Tonne. Die Konglomeratlagen fallen flach in Richtung zum Beckenzentrum ab, wodurch die erzführenden Konglomerate in Tiefen bis zu mehreren tausend Metern zu liegen kommen. Die Bergbaue im Witwatersrand Becken zählen zu den tiefsten der Welt (Savuka Mine: ca. 3800 m). Da sich in diesen Tiefenlagen bereits die hohen Gesteinstemperaturen bemerkbar machen, sind große Aufwendungen zur Gewährleistung von erträglichen Arbeitsverhältnissen erforderlich. Darüber hinaus wirken sich die langen Anfahrtswege untertage, die aufwendige Schachtförderung sowie die in diesen Tiefen bereits spürbar hohen Gebirgsdruckverhältnisse auf die Gewinnungskosten aus. Da die oberflächennahen Lagerstättenteile im Witwatersrand Becken als weitgehend ausgeerzt gelten und einer weiteren Entwicklung gegen die Tiefe bereits technische Grenzen gesetzt sind, sind auch die Grenzen des südafrikanischen Golderzbergbaus erkennbar.

Goldseifen bilden sich aber auch in der geologischen Jetztzeit. Funde solcher Anreicherungen verursachten die legendären „Gold – rushes“ in Alaska. Auch die Flüsse, die im Bereich Tauernfensters entspringen, sind wegen ihrer Seifengoldführung bekannt.

Verwendung von Gold

Für Schmuck werden derzeit rd. 60% der jährlichen Weltproduktion des Goldes benötigt. Weitere etwa 30% werden von den Notenbanken als Währungsreserve verwendet. Lediglich ca. 10% werden industriell angewendet (Elektronik, Medizin etc). Gold ist somit ein metallischer Rohstoff, der zwar benötigt, aber nicht wie andere mineralische Rohstoffe verbraucht wird. Da rund 90% des Goldes in Form von Schmuck, Münzen oder Barren (theoretisch) jederzeit zur Verfügung stehen, ist eine physische Verknappung wohl auszuschließen.

Produzentenländer, politische Stabilität der Produzentenländer, Marktkonzentrationen

Im Gegensatz zu den Eisenerzen bzw. verschiedenen Nichtmetallerzen sind Golderzlagerstätten– und Bergbaue weltweit verteilt, wengleich auch hier große transkontinentale Bergbauhäuser einen dominanten Einfluss auf die Produktion ausüben:

Tabelle 4: Anteile der größten Produzenten an der Weltbergbauproduktion von Gold; zusammengestellt aus verschiedenen Quellen; drei Konzerne produzieren rd. 23% der Weltförderung [10]

Newmont	USA	8,8%	
Anglo Gold(Ashanti)	RSA	7,8%	
Barrick	CAN	6,4%	23,0%
Gold Fields	RSA	5,4%	
Placer Dome	CAN	4,7%	
Harmony	RSA	4,2%	
Navoi Metals and Minino	UZB	2,4%	46,0%
Cia De Minas Buenaventure	PER	2,1%	
Rio Tinto	GBR	2,1%	46,0%

Tabelle 5: Anteil der drei größten Produzentenländer an der Weltbergbauproduktion von Gold – Quelle: WEBER, L., ZS AK, G.: WORLD MINING DATA 2008 [10]

		Anteil	Kum.Anteil
Sudafrika	272.128kg	11,57%	11,57%
China	247.000kg	10,51%	22,07%
Australien	247.000kg(2006:2,352.953kg)	10,50%	32,57%

Extrem instabil	8,05%
instabil	55,25%
unauffällig	36,20%
stabil	0,50%

Der stetige Rückgang der Goldproduktion Südafrikas ist wohl in der extremen Tiefenlage der Lagerstätten im Witwatersrand–Becken zu suchen. Als weltweit tiefster Bergbau gilt derzeit die Savuka Mine mit rd. 3800 m Tiefe. Es müssen hohe Gebirgstemperaturen und Gebirgsdrücke beherrscht werden. Der überwiegende Teil der Gewinnungskosten geht dabei in die Kühlung des Grubengebäudes. Da die

Lagerstättenteile in den leicht zugänglichen oberflächennahen Bereichen bereits abgebaut sind, kann eine Weiterentwicklung nur noch in den tiefen, kostenintensiv gewinnbaren Lagerstättenteilen erfolgen.

In Anbetracht der für das Jahr 2005 angebbaren durchschnittlichen Gewinnungskosten für Gold von 339 US-\$ (total cash, d. h. inkl. Kosten für Prospektion, Gewinnung und Schließung) und tatsächlichen höheren Gewinnungskosten von bis zu 670 US-\$ sind die Zukunftsperspektiven auch beim derzeit (wohl primär spekulativ bedingten) hohen Preisniveau des Goldes für den südafrikanischen Goldbergbau eher gering.

Die Entwicklung des Goldpreises

Kaum ein anderer Rohstoff ist preismäßig derart volatil wie Gold. Der Grund dafür liegt weniger in der physischen Verfügbarkeit des bergbaulich produzierten Goldes, vielmehr in seiner Eigenschaft als vielfach überbewertete Reserve der Notenbanken. Bereits Ankündigungen geplanter Veräußerungen größerer Mengen von Gold durch diverse Notenbanken haben in der Vergangenheit zu enormen Preisschwankungen geführt. Darüber hinaus wird Gold nach wie vor in breiten Kreisen als „eigene“ Reserve in Form von Schmuck und Münzen gehortet. Der durch Spekulation hervorgerufene extrem hohe Goldpreis zu Beginn der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts weckte das Interesse vieler Bergbauunternehmen, insbesondere „Juniors“, nach rasch umsetzbaren Goldprojekten. Der Explorationsboom resultierte in den Folgejahren zwangsläufig in einem Überangebot an Gold. Auch derzeit herrscht angesichts der hohen Goldpreise weltweit „Goldgräbereuphorie“. Ernst zu nehmende Bergbauprojekte beginnen jedoch in Zeiten tiefer Rohstoffpreise, um in Zeiten höherer Rohstoffpreise entsprechend Gewinn erzielen zu können. [10]

Zusammenfassung

Der enorme Rohstoffbedarfs Chinas mit einem überhitzten Wirtschaftswachstum von mehr als 10% hat weltweit zu einer mengen- und preismäßigen Rohstoffkrise geführt. Ausgehend vom Schlüsselrohstoff Eisenerz als wichtigster

Rohstoff für die Stahlherstellung sind auch die zur Stahlherstellung erforderlichen mineralischen Rohstoffe Koks- und Braunkohle und die Stähle – Veredler Metalle wie Wolfram, Molybdän, Vanadium, Titan etc. knapp und extrem teuer geworden. Der Eisenerzpreis hat sich in den letzten Jahren mehr als verdoppelt, die Preise für bestimmte Stahlveredler haben sich sogar verzehnfacht.

Einer der Hauptverbraucher von Stahl ist die Automobilindustrie, die angesichts der stark gestiegenen Nachfrage nach Kraftfahrzeugen adäquate Mengen an Buntmetallen wie Kupfer, Blei und Zink benötigt. Auch diese Rohstoffe sind mittlerweile knapp. Die Rohstoffpreise haben sich in den letzten Jahren bisweilen vervierfacht. Da aber auch bestimmte Edelmetalle im Kraftfahrzeugbau unverzichtbar sind, sind auch Edelmetalle von dieser Entwicklung nicht ausgenommen.

Gold ist kein klassisches Verbrauchsmetall. Nach wie vor gilt Gold in Form von Schmuck und Münzen als physisch „sichtbarer“ und inflationsbeständiger Wertgegenstand. Die Währungsreserven der Notenbanken basieren ebenfalls auf Gold. Obwohl rund 36 % der jährlichen Goldproduktion nur drei Produzentländer liefern, ist aufgrund der weltweiten Verbreitung der Lagerstätten mit keinen dramatischen Versorgungsengpässen zu rechnen. Dennoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass sich in den kommenden Jahren ein merklicher Rückgang der Goldproduktion im klassischen Lieferland Südafrika ergeben wird, der aber durch Produktionssteigerungen in anderen Ländern durchaus wettgemacht werden kann. Unzählige Unternehmen, darunter auch viele „Juniors“ explorieren derzeit aufgrund des hohen Goldpreises weltweit. Wenngleich viele dieser Projekte nur der Pflege des „shareholder values“ dienen, darf bereits mittelfristig wieder mit einem Überangebot an Gold gerechnet werden, zumal es im Interesse der Unternehmen liegen muss, ihr investiertes Kapital wieder hereinzuspielen. Aus diesem Grunde ist ein Preisrückgang des Goldes vorprogrammiert.

Im Gegensatz zu Gold ist Silber ein klassisches Verbrauchsmetall. Da Silber zum überwiegenden Teil als Beiprodukt bei der Weiterverarbeitung nach der Verhüttung von Buntmetallen anfällt und Produktionserhöhungen von Bleierzen in den

kommenden Jahren zu erwarten sind, wird auch Silber in vermehrtem Umfang produziert werden. Da derartige Lagerstätten weltweit verbreitet sind und zudem ein breites Spektrum von Unternehmen gegeben ist, sind keine künstlich herbeigeführten Verknappungen zu befürchten. Da die Fotografie in den letzten Jahren deutlich zur Digitaltechnik tendiert, bricht der klassische Anwendungsbereich des Silbers für Filme und Fotopapier weg. Versorgungsengpässe kurz – bis mittelfristiger Art sind nicht zu erwarten. [10]



Рисунок 1 – Запасы золота по субъектам РФ:

месторождения золота: 1 – крупные и 2 – средние и мелкие; 3 – субъекты РФ с запасами золота категорий (ABC) 1 C2 (в тоннах): а – >1000, б – 100–1000, в – <100; сведения о запасах золота по федеральным округам на 01.01.2017 г.: З – собственные золоторудные месторождения, К – комплексные месторождения, Р – россыпные месторождения. [2]

Таблица 1 – Сульфидные минеральные ассоциации и сопутствующие им метасоматиты месторождений Турьинско-Ауэрбаховского рудного района.

Тип руд, месторождения	Стадии	Парагенезисы метасоматитов	Рудные минеральные ассоциации и их минералы
МЕДНОСКАРНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ			
Пирит-халькопиритовые (Вадимо-Александровское, Розовское)	1	Актинолит+эпидот+кварц	Пиритовая: пирит, золото (проба 612-878). Пирротиновая: пирротин
	2	Актинолит+эпидот+ хлорит+кальцит	Магнетит-сфалерит-халькопиритовая: халькопирит, магнетит, сфалерит, кобальтин, кобальтпирит
		Актинолит+эпидот+ хлорит+кварц	Сфалерит-халькопиритовая: сфалерит, халькопирит, карролит
		Хлорит+кварц+ кальцит	Теллуридно-сфалерит-халькопиритовая: сфалерит, халькопирит, гессит, тетрадимит, эмлектит, берриит
	3	Кварц+кальцит	Гематитовая: гематит
Халькопирит-пирротиновые (Башмаковское, Богословское)	1	Актинолит+эпидот+ кварц+кальцит	Халькопирит-пирротиновая: халькопирит, пирротин моноклинный или моноклинный+гексагональный, кобальтин,
		Хлорит+серицит	Висмут-серебро-теллуридная: самородный висмут, гессит, теллуровисмутит, пильзенит, золото (проба 514-704)
		Кварц+хлорит+кальцит	Пиритовая: пирит
	2	Кварц+хлорит+доломит+ кальцит (березит)	Арсенопирит-полиметаллическая: арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит
ВОРОНЦОВСКОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ			
Борнит-халькопиритовые	1	Актинолит+эпидот+ кварц+кальцит	Борнит-халькопиритовая: борнит, халькопирит, магнетит, сфалерит, галенит, алтаит, колорадоит, калаверит,
ЖЕЛЕЗО-СКАРНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ			
Магнетит-сульфидные (группа Воронцовских и Песчанских)	1	Актинолит+эпидот+ кварц+кальцит	Пиритовая: пирит, халькопирит, золото (проба 919-993) Кубанит-пирит-магнетитовая: пирит, магнетит, кубанит,
	2	Хлорит+кварц+кальцит+ пренит	Полиметаллическая: халькопирит, сфалерит, галенит, гессит, золото (проба 542- 606)
	3	Кварц+хлорит+серицит+ доломит+кальцит (березит)	Пирит-халькопиритовая: пирит, халькопирит, галенит, блеклая руда (теннантит- тетраэдрит)