

*На правах рукописи*

**Гиль Владимир Александрович**

**ФАКТОРЫ ОБРАЗОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ  
МОЛИБДЕН-ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ  
ГЕТКАНЧИКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(Верхнее Приамурье)**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых  
полезных ископаемых, минерагения

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского» (ФГУП «ВИМС»)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук  
Шашорин Борис Николаевич  
вед. научный сотрудник ФГУП «ВИМС»

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук  
Щеточкин Валерий Николаевич  
гл. научный сотрудник ФГУП «ВИМС»

доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Оникиенко Людмила Дмитриевна  
РГГРУ им. Серго Орджоникидзе

Ведущая организация: кафедра геологии и геохимии полезных ископаемых  
Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Защита состоится 26 апреля 2013 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 216.005.01 в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС») по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС».

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » марта 2013 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Луговская И.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Шеелитовые месторождения – один из главных типов вольфрамовых месторождений, активно обрабатываемых в России. На востоке страны крупные вольфрамовые месторождения (Восток-2, Лермонтовское) известны в Приморском крае в Сихотэ-Алинской аккреционно-складчатой области. На их долю приходится более 80% от объема добываемого вольфрама в РФ\*. Крупные шеелитовые месторождения (Агылкинское и другие) известны также в Якутии – в пределах Верхоянского складчато-надвигового пояса, а также других регионах РФ, где они составляют основу минерально-сырьевой базы вольфрамодобывающей промышленности. Однако выявленные в восточных регионах месторождения не покрывают общий дефицит производства вольфрама по стране в целом, а их географо-экономическое положение часто неблагоприятно.

В Амурской области наиболее крупный и перспективный объект данного типа – это Гетканчикское рудное поле (ГРП) с молибден-вольфрамовым оруденением в кварц-полевошпатовых метасоматитах и грейзенизированных скарноидах. Данный объект располагается в пределах Желтулакской шовной зоны в юго-западной краевой части Алдано-Станового щита, на стыке последнего с Центрально-Азиатским тектоническим поясом. Оруденение локализовано в складчато-метаморфических комплексах докембрия, в экзо- и эндоконтактных частях линейного массива гранитов тукурингского интрузивного комплекса (ТИК). Здесь в 2007-2010 гг. ООО ГРФ «НЕДРА» (г. Благовещенск) на Центральном участке Гетканчикского рудного поля бульдозерными канавами и скважинами были вскрыты шеелитовые руды, прогнозные ресурсы которых по категории  $P_1$  оценены в 65 тыс. тонн  $WO_3$ . Ресурсы могут быть увеличены за счет флангов и глубоких горизонтов. Все это позволяет рассматривать Гетканчикский объект как значимый минерально-сырьевой резерв вольфрама восточных регионов России.

Начиная с 2010 года, автор в составе комплексной экспедиции ФГУП «ВИМС» и ООО ГРФ «НЕДРА» осуществлял научно-тематические исследования на Гетканчикском рудном поле и участвовал в проведении ревизионно-поисковых работ в пределах прогнозных площадей Верхнего Приамурья (Нюкжинской, Оборонной). Исследования в пределах ГРП были направлены на изучение закономерностей размещения и локализации молибден-вольфрамового оруденения (в том числе богатых руд) в складчато-метаморфических комплексах Желтулакской шовной зоны; установление факторов рудоконтроля и характера связи молибден-вольфрамового оруденения с гранитными массивами тукурингского интрузивного комплекса; изучение вещественного состава рудных минеральных ассоциаций и уточнение формационного и геолого-промышленного типа

---

\* Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2010 г.». М.: МПР РФ, 2011.

вольфрамового оруденения ГРП; повышение эффективности научного прогноза и поисков промышленных месторождений вольфрама в Амурской области. Все это обуславливает актуальность выполненных автором в рамках диссертационной работы исследований, их четкую практическую направленность.

**Цель работы** – установить закономерности размещения и формирования молибден-вольфрамового оруденения Желтулакской шовной зоны, усовершенствовать научные основы прогноза и поисков месторождений вольфрама в геологических структурах Верхнего Приамурья.

**Объектами исследования** являлись Гетканчикское рудное поле и ряд прогнозных площадей Верхнего Приамурья.

#### **Основные задачи.**

1. Установить пространственно-временную позицию и факторы рудоконтроля молибден-вольфрамового оруденения Гетканчикского рудного поля, в том числе богатых руд, в геологическом строении и истории развития Желтулакской шовной зоны.

2. Уточнить характер связи молибден-вольфрамового оруденения с гранитоидными массивами тукурингрского интрузивного комплекса для чего установить петрохимический тип гранитов, их возраст, происхождение, а также вещественный состав руд и последовательность формирования связанных с гранитами минеральных ассоциаций.

3. Сравнить петрохимические характеристики и геотектоническую позицию гранитов Гетканчикского рудного поля с рудоносными штоками и структурами скарново-шеелит-сульфидных месторождений Востока России. Дать оценку потенциальной рудоносности гранитоидов ТИК.

4. Разработать критерии прогноза и поисков месторождений вольфрама в шовных структурах Верхнего Приамурья с учетом региональной позиции и установленных факторов рудоконтроля.

5. Оценить перспективы отдаленных флангов ГРП, а также ряда перспективных площадей Верхнего Приамурья.

**Фактический материал и личный вклад автора.** Автором, начиная с 2010 года, проводились камеральные и полевые исследования в пределах ГРП, Ньюжинской и других перспективных площадей Верхнего Приамурья. Полевые и камеральные работы включали в себя:

- поисковые маршруты, документацию канав и керн скважин, массовые замеры (более 600) в канавах элементов залегания контактовых и кливажных поверхностей, тектонических трещин и разрывов, плоскопараллельных текстур (гнейсовидности, сланцеватости, полосчатости) метаморфических пород, с выделением систем трещин, складок и разрывов, их генетических типов и структурно-деформационных парагенезисов. Было изучено и задокументировано (с отбором каменного материала для аналитических исследований) около 850 п.м. керн скважин и более 1800 п.м. канав. Автором установлена полиэтапность формирования складчато-разрывных нарушений ГРП, выделены ранний и поздний рудоконтролирующие структурно-деформационные парагенезисы, показана

пространственно-временная позиция в них рядового и богатого молибден-вольфрамового оруденения, составлены и уточнены геологические планы перспективных рудных участков;

- отбор штуфных проб и образцов (более 100) из гранитов, гранито-гнейсов, сланцев, гидротермально-измененных пород докембрия, из которых изготавливались шлифы и аншлифы для петрографических исследований, отбирались монофракции цирконов для определения абсолютного возраста гранитоидов, отквартовывались навески на химические и минералогические анализы. Изучение петрохимических и возрастных характеристик гранитоидов ГРП, а также вещественного состава руд и последовательности формирования связанных с ними минеральных ассоциаций проводилось при непосредственном участии автора диссертации;

Автором самостоятельно составлены разделы и главы завершенных производственных и научных отчетов, базирующихся на собственных фактических материалах и данных. Опубликован ряд статей по проблемам происхождения и возраста гранитов, условиям образования молибден-вольфрамового оруденения.

**Методы исследований.** Региональная структурная позиция ГРП исследовалась путем анализа мелко- и среднемасштабных геологических и минерагенических карт Верхнего Приамурья, а также путем визуального дешифрирования космоснимков Landsat ETM+. Геологическая пространственная информация анализировалась с использованием ГИС, с созданием ГИС-проекта. Структурная позиция оруденения исследовалась путем построения детальных геолого-структурных карт, схем, разрезов. Выделение систем трещин и определение этапности складчато-разрывных деформаций осуществлялось при помощи статистической обработки (построение гистограмм, роз-диаграмм) массовых замеров с последующим построением эллипсов деформации. Позиция рядового и богатого оруденения анализировалась на геолого-структурных схемах, разрезах и в плане по сумме метропроцента  $WO_3$ . Все аналитические исследования (панорамный рентгено-спектральный анализ, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой) проводились в аналитическом центре ФГУП «ВИМС». Петрохимическая типизация осуществлялась с помощью построения диаграмм (Si-(Na+K), диаграмм Харкера, различных дискриминационных диаграмм и показателей, индексов ASI и др. Абсолютная датировка выполнялась Pb-Pb кинетическим термоионным методом по цирконам (исполнитель Л.В.Сумин, ФГУП «ВИМС») и U-Pb методом по цирконам на ионном микрозонде SHRIMP-II (исполнители С.А. Сергеев, С.Л. Пресняков, ФГУП «ВСЕГЕИ»). Данные U-Pb датировки изучались построением диаграмм с конкордией по двухстадийной модели, а Pb-Pb датировки – построением диаграмм «возраст-частота встречаемости соотношений изотопов». Для характеристики минерального состава руд месторождения использовались данные Г.Н. Нечелюстова и В.В.Рябцева (ФГУП «ВИМС»), при составлении прогнозно-поисковой модели Гетканчикского месторождения – геофизические построения А.И.Макарова

(ФГУП «ВИМС»). При оценке прогнозных площадей привлечены геохимические данные Трофимова А.П. (ФГУП «ИМГРЭ»).

#### **Научная новизна.**

1. Расшифрована геологическая структура Гетканчикского месторождения и рудного поля в целом в региональной тектонике длительно развивающейся Джелтулакской шовной зоны.

2. Охарактеризованы структурно-деформационные парагенезисы раннего и позднего этапов развития складчато-разрывной структуры месторождения и рудного поля. Доказана ведущая роль в контроле вольфрамового оруденения дислокационно-метаморфических и структурно-тектонических элементов раннего этапа.

3. Показаны типовые обстановки рудообразования и структурная позиция участков с высоким метропроцентом  $WO_3$ . Установлены модельные геолого-геофизические признаки рудоносных зон.

4. Уточнены состав, возраст и петрохимические характеристики гранитов месторождения, установлен их петрохимический тип. Сделан вывод о древнем (раннекарельском) возрасте гранитов с их неоднократным омоложением в более поздние орогенические эпохи.

5. Охарактеризован минеральный состав руд и последовательность рудогенеза.

6. Разработана прогнозно-поисковая модель Гетканчикского месторождения применимая для оценки перспектив отдаленных флангов рудного поля и прогнозных площадей Верхнего Приамурья.

**Практическая значимость.** Установленные автором геолого-структурные и магматические факторы рудоконтроля и вольфрамоносности Джелтулакской шовной зоны, а также разработанная им с учетом геолого-геофизических характеристик прогнозно-поисковая модель Гетканчикского объекта позволили более целенаправленно проводить поисковые и поисково-оценочные работы на отдаленных флангах рудного поля и в пределах ряда прогнозных площадей Верхнего Приамурья (Нюкжинской, др.). Выделенные при морфоструктурном анализе и геофизическом моделировании глубины залегания кровли I-гранитов (Гиль В.А., Макаров А.И., др.) глубинные рудоконтролирующие обстановки использовались ООО ГРФ «НЕДРА» при планировании горно-буровых работ.

**Апробация работы и публикации.** Результаты исследований и основные положения работы докладывались и обсуждались на научных конференциях: III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (Санкт-Петербург, 2013), Всероссийской молодежной конференции «Геология Забайкалья» (Улан-Удэ, 2012), IV научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых» (Москва, 2012), II Всероссийской научно-практической конференции «Минерагения Северо-восточной Азии» (Улан-Удэ, 2011), Научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков

и оценки месторождений твердых полезных ископаемых – состояние и перспективы» (Москва, 2011), III научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых» (Москва, 2011), VII Международной научной школе молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (Москва, 2010).

Основные положения диссертации опубликованы в 11 научных статьях и тезисах докладов, в том числе 4 в изданиях, входящих в перечень ВАК. Результаты работы использовались в оперативных отчетах и вошли в окончательный отчет ФГУП «ВИМС» по госконтракту №3-2010.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из 5 глав, введения, заключения, списка литературы из 102 наименований. Общий объем диссертации составляет 163 страницы, включая 66 рисунков и 24 таблицы.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.г.-м.н. Шашорину Б.Н. Автор благодарит за помощь и поддержку заведующего отделом металлургического сырья Руднева В.В. и ведущего инженера Рахманова Н.Л. За сотрудничество и помощь в освоении методов исследования вещественного состава автор признателен Рябцеву В.В. и Нечелюстову Г.Н. Автор признателен за критические замечания и поддержку Борискину В.П., Макарову А.Н., Гетманской Т.И., Голевой Р.В., Трофимову А.П. Автор также благодарит сотрудников ООО «ГРФ Недр» Васильева А.А., Мейдич Н.А., Клюкову Л.А. за практическую помощь и содействие при проведении совместных полевых работ.

## ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

**Первое защищаемое положение.** В Гетканчикском рудном поле выделяются два рудоконтролирующих парагенезиса складчато-разрывных нарушений: 1) ранних стресс-тектонитов, сформированных в эпоху карельской орогении и определивших морфологию и условия залегания молибден-вольфрамовых рудных тел в виде линейного штокверка, 2) поздних сколово-сдвиговых дислокаций, наложенных на рудоносные стресс-тектониты и обуславливающих узловую позицию богатых руд в линейном штокверке.

Гетканчикское рудное поле расположено в юго-восточной части Джелтулакской шовной зоны – глубинного долгоживущего разлома, разграничивающего Становую гранит-зеленокаменную область Алдано-Станового щита и Селенгино-Становой каледонский орогенный пояс.

Джелтулакская шовная зона – это мощная (10-20 км) и протяженная (сотни км) полоса смятия и динамометаморфизма магматогенных и терригенно-осадочных пород докембрия, представленная серией сближенных субпараллельных, кулисообразно расположенных тектонических швов северо-западного (до широтного) простирания, выраженных линейными протяженными участками расланцевания и милонитизации. Поперечными

разрывами сдвигового типа шовная зона разбита на ряд сегментов, которые перемещены относительно друг друга, часто на значительные расстояния (Кастрыкин, 1983; Горошко, 2010).

В геологическом строении ГРП принимают участие метаморфогенные, интрузивные и метасоматические образования докембрия, а также субвулканические породы мезозойского возраста. Нахождение ГРП в пределах шовной зоны обуславливает широкое развитие процессов дизъюнктивной и пликтивной тектоники – складчатостей различного генезиса и их наложения, рассланцевания, образования трещин скола и отрыва, общей линейризацией геологических тел.

Стержневым элементом в геологическом строении месторождения (Центральный участок ГРП) является линейный массив гранитов тукурингского интрузивного комплекса, интродированный в ядерную часть асимметричной антиклинальной складки северо-западного простирания, выполненной сланцами джелтулакской серии (рис. 1). В приконтактной части граниты ТИК динамометаморфизованы с образованием ориентированных текстур.

Оруденение представлено двумя типами руд. Ведущий тип представлен слагающими линейный штокверк северо-западной ориентировки оруденелыми жилами и зонами прожилкования кварц-полевошпатовых метасоматитов, расположенными в сланцах джелтулакской серии ( $PR_{1dj}$ ), а также зонами окварцевания и грейзенизации с шеелитом и молибденитом; второстепенный – невыдержанной линзовидной формы участками грейзенизации приконтактных скарноидов с шеелитом.

Характерной особенностью сланцев джелтулакской серии является их полная (голоморфная) складчатость. Складчатость распознаётся по массовым замерам элементов залегания плоскопараллельных текстур (сланцеватости), как параллельное или субпараллельное расположение в плане S-поверхностей с противоположными азимутами их падения, или падающих в одну и ту же сторону, но под разными углами. В пределах юго-западного экзоконтакта гранитного массива выделяются прямые вертикальные и наклонные складки.

Системы выделенных сильно сжатых линейных изоклинальных складок на месторождении вытягиваются в СЗ направлении, субпараллельно общему простиранию Джелтулакской шовной зоны, они сопровождаются трещинами скола, отрыва, кливажа. Осевые плоскости складок зачастую тектонизированы и контролируют положение жил кварц-полевошпатовых метасоматитов и зон скарнирования. Трещины скола и отрыва осложняют, блокируют и смещают линейную складчатость СЗ направления и сопровождающие её S-тектониты.

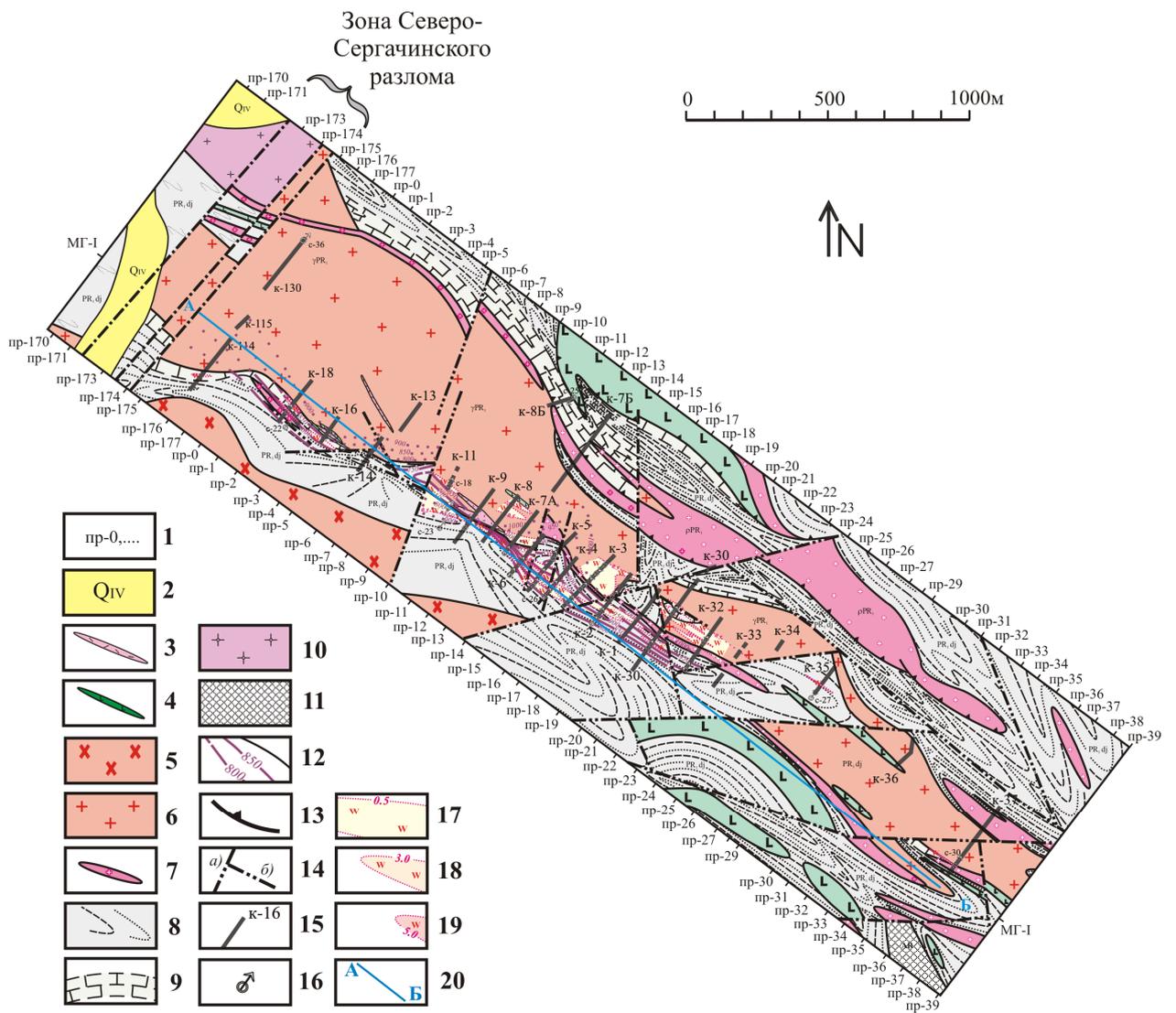


Рис. 1. Схематическая геолого-структурная карта Центрального участка Гетканчикского рудного поля.

1 – геолого-геофизические профили; 2 – аллювиальные отложения; 3 – позднемезозойский комплекс субвулканических интрузий; 4 – раннепротерозойский (карельский) комплекс даек основного состава; 5 – 6 – гранитоиды тукурингрского интрузивного комплекса: 5 – среднезернистые гнейсовидные граниты, 6 – средне-мелкозернистые биотитовые граниты (вольфрамоносные); 7 – пегматиты; 8 – 9 – метаморфизованные складчатые образования желтулакской серии (PR<sub>1dj</sub>): 8 – сланцы, 9 – мрамора; 10 – щелочные гранито-гнейсы (AR<sub>2</sub>); 11 – гранито-гнейсы, кристаллические сланцы (AR); 12 – юго-западный контакт вольфрамоносного гранитного массива (сплошная черная линия) и его изогипсы (цветные пунктирные линии с цифрами); 13 – надвиги в основании тектонических пластин; 14 – крутопадающие секущие (а) и продольные (б) разрывы; 15 – канавы и их номера; 16 – пробуренные скважины; 17 – 19 – участки локализации рудных концентраций с суммой метропроцентов WO<sub>3</sub>: 17 -  $\geq 0.5$ , 18 -  $\geq 3.0$ , 19 -  $\geq 5.0$ ; 20 – след вертикальной плоскости-проекции, на которой проводился анализ размещения вольфрамового оруденения на глубину

Все эти линейные структурные формы образуют ранний рудоконтролирующий структурно-деформационный парагенезис и обязаны своим происхождением тангенциальным напряжениям поперечного тектонического сжатия (ЮЗ→←СВ) горных пород Джелтулакской шовной зоны [1, 2, 3].

Парагенезис линейных структурных форм ГРП сформировался в раннекарельскую металлогеническую эпоху, в период интенсивной складчатости и метаморфизма докембрийских комплексов Джелтулакской шовной зоны (Горошко, 2010).

Для выяснения роли локальных структурно-тектонических элементов в контроле вольфрамового оруденения ГРП, а также пространственной позиции богатых руд в линейных штокверках был применен морфоструктурный анализ, который широко используется в структурных исследованиях (Шехтман, 1979; Белов, 2004; Шашорин, 2005; Бурмистров, 2009). Анализ заключался в построении изогипс и изолонг геологической поверхности юго-западного контакта гранитного массива, изолиний содержаний и метропроцента  $WO_3$  с дальнейшим анализом их взаимного расположения и сочетания с тектоническим каркасом месторождения (рис. 1, 2, 3).

На морфоструктурном плане (рис. 2) и в проекции рудного штокверка на плоскость А-Б (рис. 3) видна общая конформность изолиний продуктивности  $WO_3$  изогипсам и изолонгам юго-западного контакта гранитного массива. Конфигурация изоконцентраций  $WO_3$  следует за ходом изогипс и изолонг, повторяя их морфологические особенности (рис. 2, 3). При этом продуктивные рудные участки с суммой метропроцентов  $WO_3 \geq 3.0$  контролируются осевыми частями складок коробления (смятия) юго-западного контакта гранитного массива, которые совместно со сколово-сдвиговыми нарушениями СЗ, субмериодонального и СВ направлений образуют поздний структурно-деформационный парагенезис, наложенный на ранние стресс-тектониты (рис. 1, 2, 3). Поздний структурно-деформационный парагенезис обязан своим происхождением напряжениям продольного сжатия (СЗ→←ЮВ) горных пород ГРП, возникавших внутри Джелтулакской шовной зоны при сдвиговых перемещениях вдоль СЗ и субширотных разрывов и контактов гранитоидных массивов, дайковых и пегматитовых тел [1, 3].

Обобщая совместно с полевыми наблюдениями результаты применения морфоструктурного анализа и данные статистической обработки трещинной тектоники, установлено, что линейный штокверк молибден-вольфрамовых руд, выявленный в экзо- и эндоконтактовых частях массива гранитоидов ТИК, контролируется структурно-деформационным парагенезисом описанных выше ранних стресс-тектонитов. Штокверк вытягивается в северо-западном направлении согласно с простираем геологической структуры месторождения и его стресс-тектоникой (рис. 1, 2), а наиболее продуктивные рудоносные участки с суммой метропроцентов  $WO_3 \geq 3.0$  внутри штокверка контролируются осевыми частями и замками складок коробления (смятия) юго-западного контакта гранитного массива и

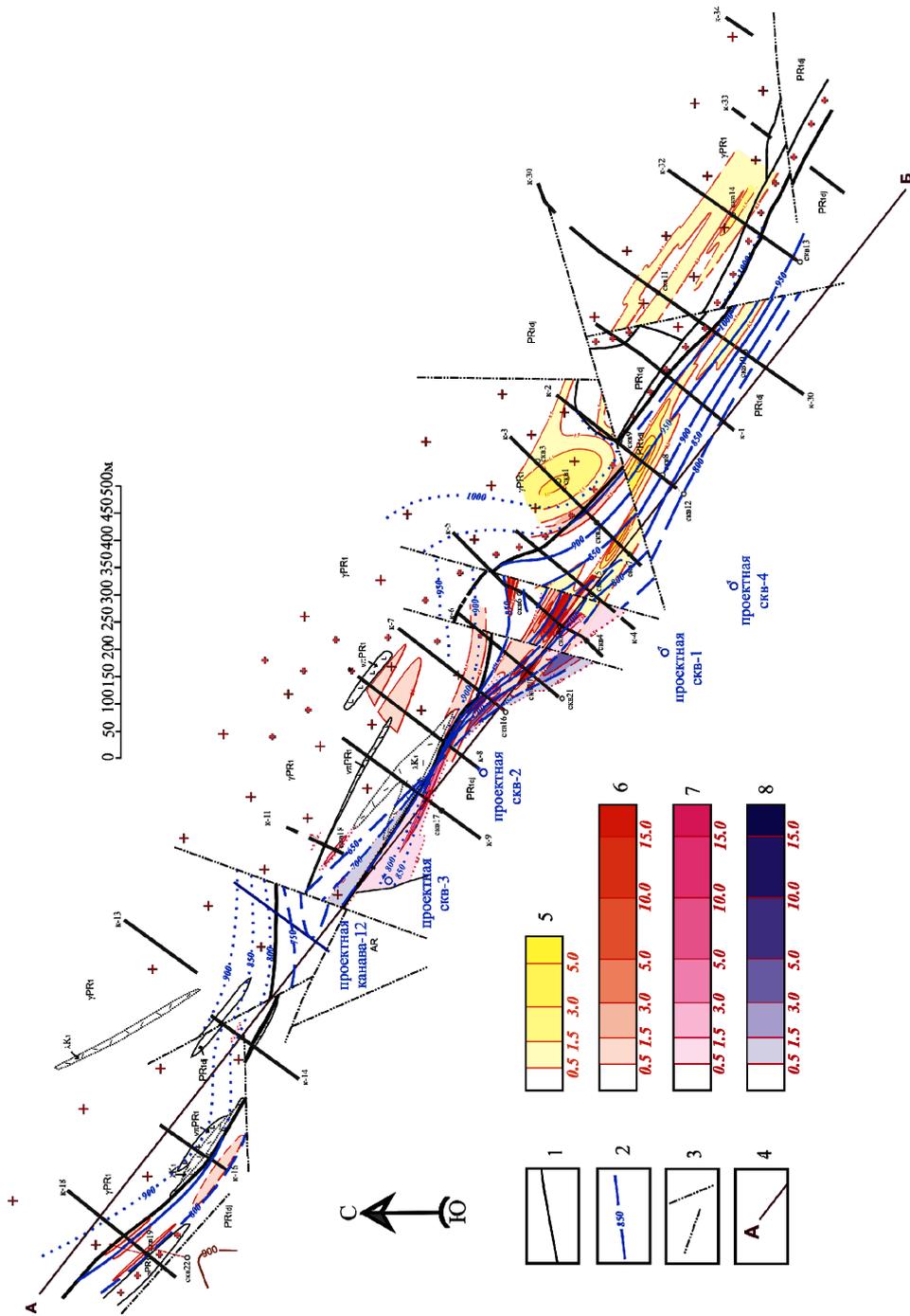


Рис. 2. Морфоструктурная схема Центрального участка Гетканчикского рудного поля [3].

1 – выход на дневную поверхность юго-западной части гранитного массива; 2 – изогипсы рудоуправляющей поверхности юго-западной части массива; 3 – пологие и крутопадающие разрывы; 4 – след вертикальной плоскости-проекции, на которой проводился анализ размещения вольфрамового оруденения на глубину (см. рис. 3); 5 – 8 – рудные зоны с суммой метропроцентом  $WO_3 > 0.5$  в интервалах глубин (в значениях абсолютных отметок): 5 – 1020-920 м, 6 – 920-820 м, 7 – 820-720 м, 8 – 720-620 м

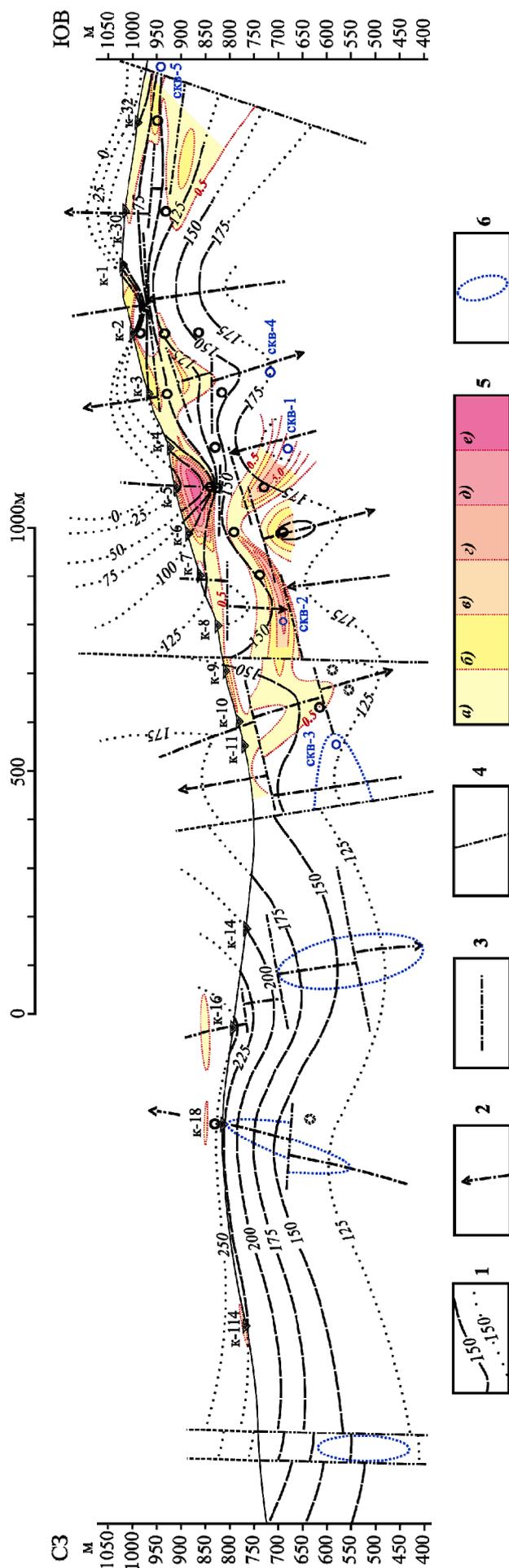


Рис. 3. Позиция рядовых и богатых руд в вольфрамоносном линейном штоковке юго-западного экзо- и эндоконтакта гранитного массива (проекции на вертикальную плоскость А-Б). [3].

- 1 – изолонги поверхности юго-западного контакта гранитного массива (пунктир – достоверные, точечная линия - предполагаемые);
- 2 – оси складок коробления (смятия); 3 – пологие разломы (сколы, сдвиги); 4 – крутопадающие секущие сколы и сдвиги; 5 – участки локализации рудных концентраций с суммой метропроцентом  $WO_3$ : а) 0.5-1.5, б) 1.5-3.0, в) 3.0-5.0, г) 5.0-10.0, д) 10.0-15.0 е)  $> 15.0$ ;
- б– предполагаемые позиции высокопродуктивных рудных скоплений (авторский прогноз)

сопряженными с ними сколово-сдвиговыми деформациями (рис. 3). Богатые руды часто блокируются и смещаются пологими и крутопадающими сколово-сдвиговыми нарушениями (рис. 1, 2, 3), что свидетельствует об их позднем происхождении по отношению к ранним рудоконтролирующим стресс-тектонитам [2, 3].

Таким образом, в пределах Гетканчикского месторождения и рудного поля, по результатам геолого-структурных исследований автора, отчетливо устанавливается интерферентная складчатость, обусловленная наложением более поздних складчато-разрывных дислокаций на более ранние стресс-тектониты. Структурная позиция рудных столбов и линз внутри линейных вольфрамоносных штокверков характеризуется узловым распределением (рис. 3). Предположительно, за счет подновления разломов и связанного с этим флюидо-метасоматического перераспределения рудного вещества, в узлах интерференции раннего и позднего структурно-деформационных парагенезисов происходила концентрация богатого вольфрамового оруденения. Распределение рудных концентраций Джелтулакской шовной зоны отличается неравномерным характером (рис. 3), что требует достаточно густой сети поисково-оценочных скважин для выявления богатых руд и специальных геолого-геофизических методов для их прогнозирования [3].

**Второе защищаемое положение.** Установлена тесная пространственная связь молибден-вольфрамового оруденения с субщелочными умеренноглиноземистыми метамагматическими гранитами I типа тукурингского интрузивного комплекса. В приконтактных частях массива выявлена следующая стадийность минералообразования: 1) прерудная контактово-метасоматическая диопсидовая стадия развитая по мраморам, 2) рудоносная кремнещелочная пневмолито-гидротермальная кварц-полевошпатовая стадия с молибденитом и шеелитом, 3) рудоносная кислотная пневмолито-гидротермальная грейзеновая стадия с шеелитом, 4) пострудная гидротермальная кварц-карбонатная стадия с сульфидами. Выделенные минеральные ассоциации отражают эволюцию высокотемпературных пневмолито-гидротермальных рудоносных растворов, связанных с гранитным магматизмом.

На месторождении массив гранитов ТИК сложен мелко-среднезернистыми двуполевошпатовыми биотитовыми гранитами лейко-, мезократового облика. У зерен кварца фиксируются зазубренные (фрикционные) границы, плагиколаз изменен слабо, микроклин груборешетчатый. В экзо- и эндоконтактных частях насыщен шпировыми пегматоидными телами, раннепротерозойскими дайками основного состава и субвулканическими интрузиями позднего мезозоя (рис. 1).

Наличие оруденения в ближнем экзо- и эндоконтакте гранитного массива (рис. 1) обусловило практический интерес к петрохимической типизации и возрасту гранитов ТИК.

Граниты относятся к субщелочным, с преобладающей натровой щелочностью ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=1,8-3,5$ ); рассчитанный индекс  $I_{\text{ASI}}=0,71-1,13$  ( $I_{\text{ASI}}=\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$  в мол. количестве); на дискриминационных диаграммах распределения РЗЭ (рис. 4) фиксируется отрицательная европиевая аномалия ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,14-0,18$ ), обогащение легкими лантаноидами относительно тяжелых ( $\text{La}/\text{Lu}=38-141,6$ ). Петрохимические данные, вместе с анализом геологической информации позволяют говорить о принадлежности гранитов Гетканчикского месторождения к I типу (Костицын, 2000; Складов, 2001; Chappel, 1990; Rollinson, 1994). Применяемая классификация имеет генетический аспект, так, для гранитов I типа характерен магматический субстрат и аллохтонный характер.

С охарактеризованным гранитным магматизмом связано формирование молибден-вольфрамового оруденения Джелтулакской шовной зоны. В пределах Гетканчикского месторождения оруденение сосредоточено в ближнем экзо-, редко эндоконтакте и приурочено к различным метасоматитам, связанным с эволюцией высокотемпературных пневматолито-гидротермальных растворов продуцируемых гранитным магматизмом. Автором выделяются следующие стадии минералообразования:

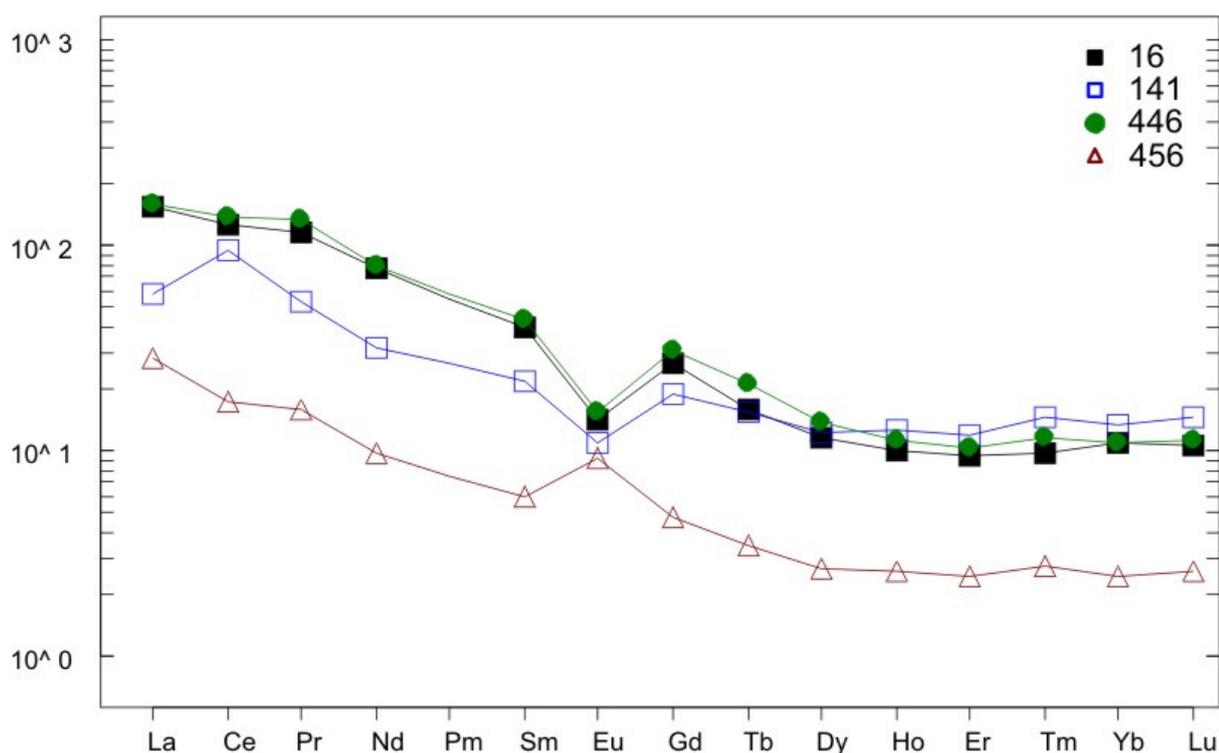


Рис. 4. Дискриминационная диаграмма распределения РЗЭ в гранитоидах месторождения. Нормирование по хондриту (Haskin et al., 1968). Пробы 16, 141, 446 – граниты, 456 – гранитогнейсы

**Предрудная контактово-метасоматическая диопсидовая стадия** представлена биметасоматическими приконтактовыми скарноидами и пегматитами.

Скарноиды образованы по мраморам джелтулакской серии и являются аналогами пироксеновых роговиков, их образование происходило при температурах 600-700°C по данным гомогенизации диопсидов (Лобов, 1996). Характеризуются простым составом и представлены кварц-диопсидовой ассоциацией с тремолитом (по диопсиду), сфеном и апатитом (<1%). У скарноидов отсутствует зональность, присущая скарнам полного профиля. Кварц-диопсидовые породы изначально не содержали рудных концентраций и служили геохимическим барьером для кремнещелочных пневматолито-гидротермальных растворов, обогащенных летучими компонентами.

Также к предрудной стадии относится формирование тантало-ниобиевой минерализации, связанной с позднемагматическими процессами становления пегматитов. Пегматиты представлены жильными телами кварц-микроклин-альбитового состава со слюдами мусковитового и флогопитового ряда. Тантало-ниобиевая минерализация представлена иксиолитом и развитыми по нему микролитом и эксенитом (рис. 10). В этих минералах было установлено повышенное содержание вольфрама, в иксиолите 2,8-2,9%, в микролите 4,1-6,4%. Вхождение в состав минералов вольфрама косвенно свидетельствует о насыщенности первичного расплава (высокотемпературного раствора) вольфрамом. Также с тантало-ниобатами ассоциирует уранинит.

**Рудоносные кремнещелочную и кислотную стадии с молибденитом и шеелитом** автор связывает с отделением от гранитного массива пневматолито-гидротермальных растворов и их дальнейшей эволюцией, которая заключалась в смене их кремнещелочного характера на кислотный (Коржинский, 1960,1982; Жариков, 1978).

В кремнещелочную стадию формировались тела кварц-полевошпатовых метасоматитов. Они представлены разномасштабными агрегатами микроклина, альбита, кварца, биотита, мусковита, и, в подчиненном количестве, шеелита, молибденита, тунгстенита. Порода имеет пятнистую текстуру за счет крупных агрегатов микроклина, остальные минералы образуют мелко-, среднезернистую массу. Порфирировидные выделения микроклина относятся к раннещелочной подстадии с преобладанием калиевой щелочности. Шеелитовая и молибденитовая минерализации (рис. 5, 8) относятся к позднещелочной подстадии с преобладанием натриевой щелочности (слюдисто-кварц-альбитовый агрегат).

Дальнейшая эволюция пневматолито-гидротермальных растворов выразилась в снижении температуры до 480-320°C, по данным гомогенизации кварца (Лобов, 1995), и формировании кислых растворов с проявлением процессов грейзенизации. В участках наложения кислых растворов на приконтактовые скарноиды формируются зоны грейзенизации с шеелитовым оруденением. Для такого рода апоскарноидных грейзенов характерна флюорит-мусковит-кварцевая минеральная ассоциация с

шеелитом, обычно слагающая микропрожилки, линзы, гнезда. Фиксируются Ва-полевые шпаты, клиноцоизит, флогопит (рис.7).

Шеелит встречается в виде разнозернистых ксеноморфных зерен (0,1 – 10 мм, до кристаллов в первые см), образует прожилки, гнездообразные скопления, неравномерную вкрапленность в кварц-полевошпатовых метасоматитах и грейзенизированных скарноидах (рис.5,6). В кварц-полевошпатовых метасоматитах развит вместе с молибденитом. Характерной для месторождения чертой является отсутствие в шеелите механических и изоморфных микропримесей, в первую очередь, молибдена. Содержание вольфрама обычно составляет 61-64%, а кальция – 13-14%. В приповерхностных условиях шеелит замещается вольфрамовыми охрами – тунгститом, а в гипогенных условиях по шеелиту развивается тунгстенит.

Молибденит присутствует в виде мелкочешуйчатых (0,1-0,5 мм), реже крупных (5-15 мм) кристаллов, образующих гнездообразные скопления в кварц-полевошпатовых метасоматитах (рис.9). Молибденит характеризуется отсутствием в нем микропримесей других элементов, в первую очередь рения. Редкой чертой является диагностируемое микронзондовыми исследованиями замещение молибденита тунгстенитом.

**К пострудной гидротермальной кварц-карбонатной стадии** относятся наложенные на скарноиды и кварц-полевошпатовые метасоматиты ассоциации висмутовых минералов и золота.

Тетрадимит является основным теллуридом висмута, помимо него встречается самородный висмут и теллуrowисмутит. Минерализация приурочена к грейзенизированным скарноидам и кварц-полевошпатовым метасоматитам. Минералы висмута встречаются в ассоциации с клиноцоизитом, флогопитом, альбитом, флюоритом в виде мелких рассеянных зерен (рис.11). Микроскопические обособления теллуридов висмута располагаются вдоль трещин спайности калиевого полевого шпата. Вдоль этих трещин в КППШ проникают и гидроокислы железа, содержащие примесь теллура и висмута.

Золоторудная минерализация на месторождении выявляется по отдельным интервалам и изучалась на нескольких бороздовых пробах. Ассоциирует с теллуридами висмута, сульфидами и гидроокислами железа, распространенными вдоль трещин в полевошпате, отличается высокой пробностью – 985-994‰ (рис. 11-12).

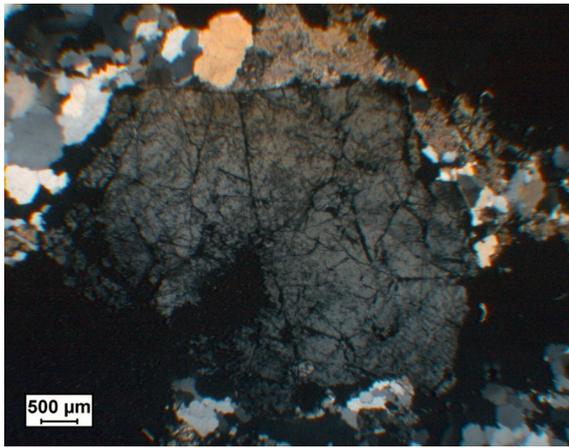


Рис. 5. Идиоморфное зерно шеелита (серое) в кварц-полевошпатовой массе. Изображение в проходящем свете, николи +

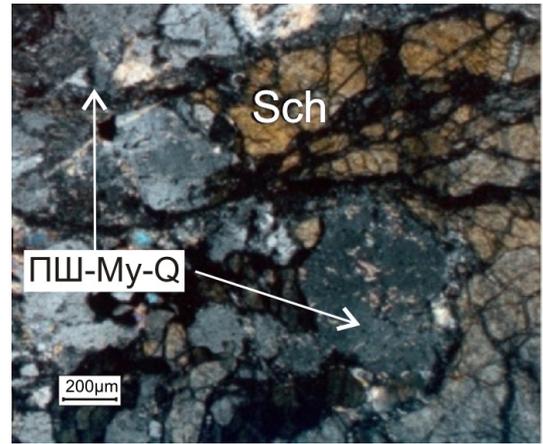


Рис. 6. Ксеноморфное зерно шеелита в полевошпат-мусковит-кварцевой ассоциации. Изображение в проходящем свете, николи +

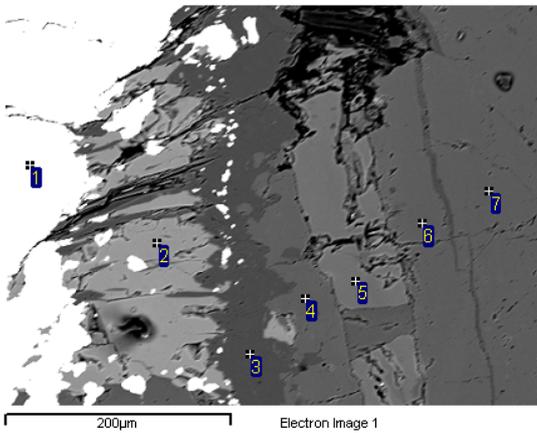


Рис. 7. Шеелит в грейзеновой минеральной ассоциации: 1 – шеелит, 2 – флюорит, 3, 4, 6, 7 – диопсид, 5- Ва-полевой шпат. Изображение в обратно-рассеянных электронах

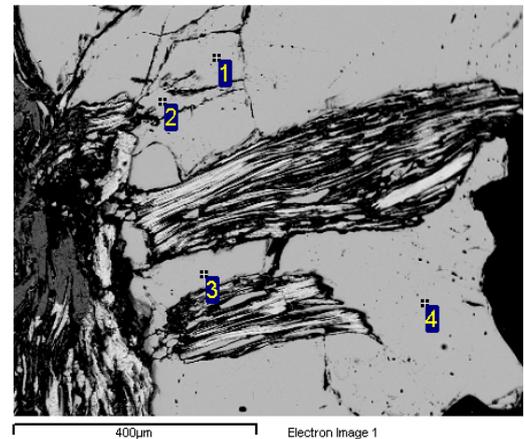


Рис. 8. Шеелит (белое – 1, 2, 3, 4) и замещающий его волокнистый агрегат тунгстенита. Изображение в обратно-рассеянных электронах

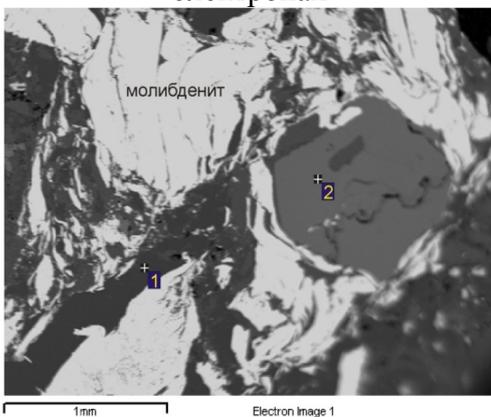


Рис. 9. Молибденит (белое) в кварц-калиевополевошпатовой матрице (1). 2 – зерно граната. Изображение в обратно-рассеянных электронах

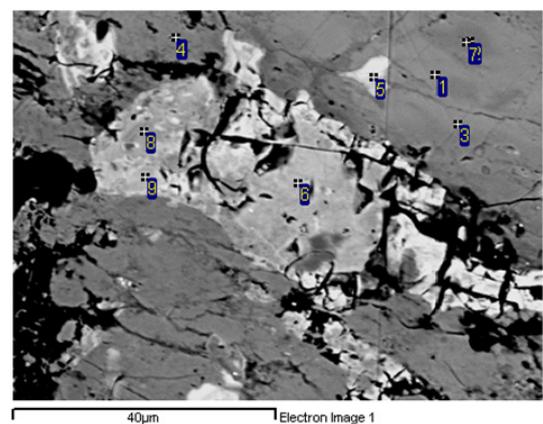


Рис. 10. Микровключения микролита (светло-серое, 5, 6, 8, 9) вдоль трещин в ксиолите. Черное – кварц. Изображение в обратно-рассеянных электронах

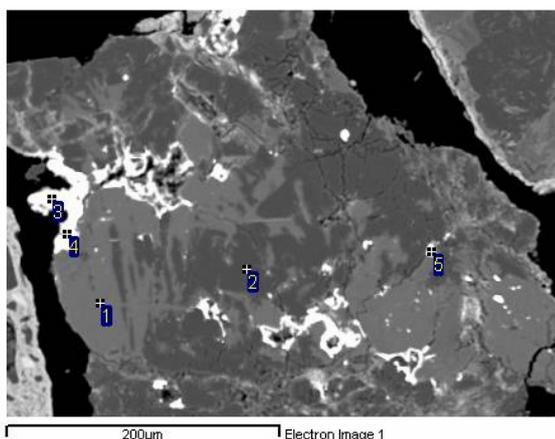


Рис. 11. Микровключения теллуридов висмута (белое, № 3, 4) и золота в полевошпате (серое, 1, 2, 3). Изображение в обратно-рассеянных электронах

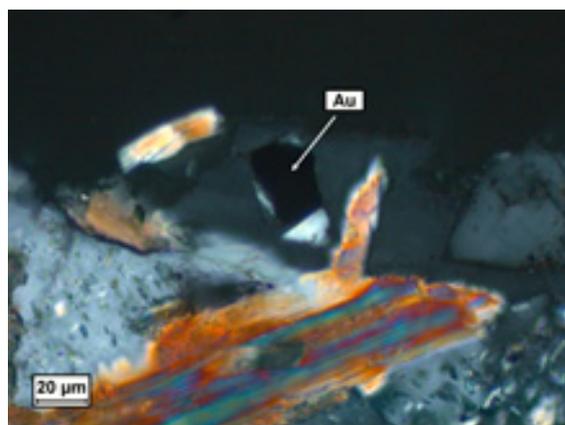


Рис. 12. Микрочешуйчатые кристаллы золота в кварц-полевошпатово-слюдистой породе. Изображение в проходящем свете, николи +

**Третье защищаемое положение.** Изотопно-геохронологическими исследованиями в Гетканчикском рудном поле определен раннепротерозойский возраст I-гранитов тукурингрского интрузивного комплекса с их неоднократным омоложением в более поздние орогенические эпохи, что может служить индикатором полицикличности формирования молибден-вольфрамового оруденения.

В связи с длительностью формирования складчато-разрывных дислокаций Желтулакской шовной зоны и связанных с ними магматических и рудных образований, возраст гранитов тукурингрского комплекса в пределах месторождения до сих пор является дискуссионным.

Граниты тукурингрского интрузивного комплекса традиционно считаются раннепротерозойскими (Вольский, 1973ф, Агафоненко, 1992ф). В последнее десятилетие появились данные о палеозойском и мезозойском возрасте гранитов (Ларин, 2000, 2001; Гиль, 2011, 2012; Вах, 2011).

Для проб 140/198 и С101ПЛ, отобранных из северо-западной части рудного поля и представленных щелочными гранитогнейсами, возраст составил 2,9 млрд. лет, что соответствует беломорской орогенической эпохе. При этом имеются пики меньшей интенсивности отвечающие раннекарельской (свекофенской) орогенической эпохе. В целом, для проб 140/198 и С101ПЛ характерен древний ( $AR_2$ ) возраст, что согласуется с временем становления гранулитовых комплексов Джугджуро-Становой складчатой области (Глебовицкий, 2009).

Проба 45-448 была отобрана из неизмененных гранитов в центральной части рудного поля. Наиболее интенсивный пик соответствует возрасту 2.0-2,2 млрд. лет (рис. 13), что относится к раннекарельской складчатости. Отдельные пики соответствуют гренвильской и ульяимской орогеническим эпохам. Характерно, что эта проба наследует “беломорский пик” гранито-гнейсов.

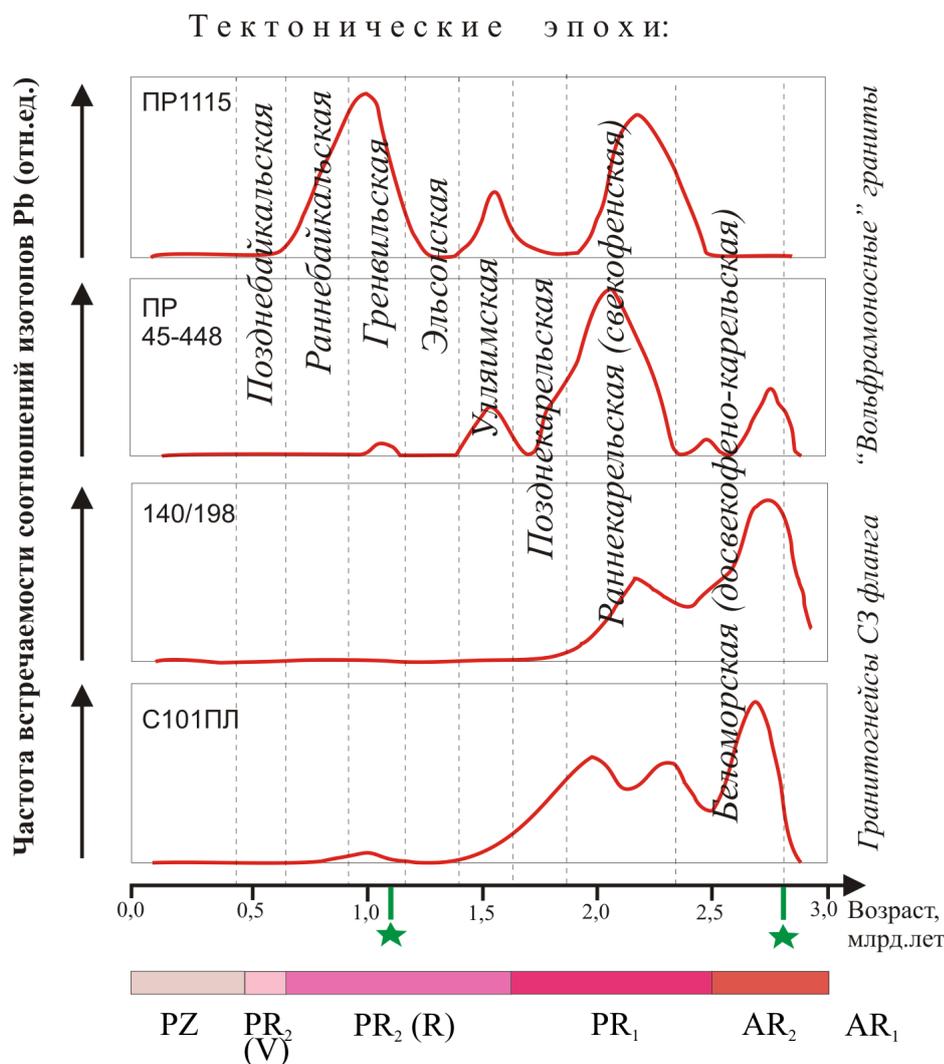


Рис. 13. Возрастные характеристики гранитоидов Гетканчикского месторождения по данным Rb-Pb кинетического метода (пробы С101ПЛ, 140/198, 45-448, 1115, 1020). Звездами показаны возраста U-Pb датировок. Геохронологическая шкала (ВСЕГЕИ, 2009)

Датировка U-Pb методом показала возраста в 1,0 и 2,7 млрд. лет.

Пробе 1115 из приконтактовой части массива гранитов Гетканчикского месторождения соответствует максимально интенсивный пик в 900 млн. лет (гренвиль), также имеются пики соответствующие возрасту 1500 и 2300 млн. лет (улляимий и ранний карелий).

Приведенные значения свидетельствуют о раннекарельском возрасте (PR<sub>1</sub>) гранитов месторождения, их омоложении в гренвильскую и улляимскую орогенические эпохи. Гранитоиды северо-западного фланга относятся к AR<sub>2</sub> с переработкой в раннекарельскую и гренвильскую орогеническую эпоху.

Проведенные изотопно-геохронологические исследования по гранитоидам месторождения свидетельствуют об их древнем возрасте (беломорском и раннекарельском) с неоднократным омоложением в более поздние орогенические эпохи. Это, по-видимому, связано с их положением в зоне динамического влияния Джелтулакского глубинного разлома,

заложенного в раннем докембрии, проявлявшего тектоническую подвижность и сейсмоактивность как в течение всего раннего докембрия, так и в фанерозое (Шевченко, 2007; Горошко, 2010).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов и результатов исследований, проведенный при выполнении диссертационной работы, позволил автору разработать прогнозно-поисковую модель Гетканчикского месторождения, которая учитывает структурный, геохимический, минералогический и магматический аспекты. Эта модель может рассматриваться как эталонная при поисковых работах на молибденит-шеелитовое оруденение в пределах Джелтулакской шовной зоны.

Таблица 1

Прогнозно-поисковая модель молибден-вольфрамовых месторождений  
Гетканчикского типа

Элементы модели	Краткая характеристика
1	2
Рудообразующая формация	Гранит-лейкогранитовая, относящаяся к петрохимическому I-типу, дифференцированная с образованием аплит-пегматитов
Рудовмещающая формация	Складчато-метаморфические толщи желтулакской серии: биотит-альбит-кварцевые, мусковит-альбит-альбит-кварцевые, слюдисто-карбонатные сланцы, мраморизованные известняки, мрамора
Геолого-промышленный тип	Молибденит-шеелитовый штокверковый
Возраст	Раннекарельский (PR <sub>1</sub> ) для гранитов с их неоднократным омоложением в более поздние орогенические эпохи
Геотектоническая позиция	Краевая часть щита, граничащая с орогенными структурами, наличие шовной зоны по их сопряжению
Геолого-структурная позиция	Позиция оруденения в экзоконтакте, редко в эндоконтакте. Контроль оруденения структурно-деформационным парагенезисом стресс-тектонитов. Локализация богатых руд в узлах наложения позднего сколово-сдвигового парагенезиса на рудоконтролирующие ранние стресс-тектониты
Гидротермально-метасоматические изменения	Приконтактовое биметасоматическое скарнирование, кремнещелочной метасоматоз, апоскарноидная грейзенизация
Шлиховые ореолы	Шеелит, молибденит, золото
Геохимические признаки	Элементы-индикаторы : Ag, Bi, Ni, Co, Be, Nb, Li; Рудно-формационный ряд: Bi <sub>8,3(727)</sub> W <sub>7,3(799)</sub> Mo <sub>3,1(225)</sub> Ag <sub>1,6(345)</sub> Nb <sub>1,6(148)</sub> Be <sub>1,4(118)</sub> ; Продольная зональность (Nb, Be, Li, La) - (Mo, W, Bi, Au) - (Cu, Zn, As, Pb, Ag). Корреляционно-парагенетические ряды: <b>W</b> – Mo <sub>0,19</sub> Bi <sub>0,15</sub> ; <b>Mo</b> – Bi <sub>0,37</sub> W <sub>0,19</sub> Sn <sub>0,11</sub> Коэф. зональности: Kz=Ag*Bi/Be*Nb(Li)

1	2
Гипергенные изменения рудных минералов	Развитие повеллита, тунгстита
Геофизические характеристики	Понижение значений поля $\Delta T$ и вызванной поляризации, повышение кажущегося сопротивления ( $\rho_k$ ). Радиоактивные аномалии в пегматитах экзо-, эндоконтактовых частей гранитных массивов
Морфология рудных тел	Линейный крутопадающий штокверк
Параметры рудных тел	Длина 200-1200м, мощность 1-9м, вертикальный размах 200-300м
Условия залегания рудных тел	Крутое – согласное с тектоникой и морфологией экзо- и эндоконтактовых частей гранитоидных массивов, реже – пологое (в зонах надвигов). Относительно выдержанное по простиранию с неравномерным характером распределения полезных компонентов внутри рудных зон
Текстура руд	Прожилково-вкрапленная
Основные промышленные и минералогические типы руд	Молибденит-шеелитовые в кварц-полевошпатовых метасоматитах и шеелитовые в грейзенизированных скарноидах
Главные минералы руд	Шеелит, молибденит
Второстепенные минералы руд	Иксиолит, микролит, сульфиды и теллуриды висмута, самородное Au
Средние содержания главных элементов в рудах	WO <sub>3</sub> : среднее 0.71%, min 0.2%, max 2,3%; Mo: среднее 0.0251%, min 0.02%, max 0,2%.

К наиболее важным выводам также относятся следующие:

1. Сформированный на раннекарельском этапе развития Желтулакской шовной зоны дислокационно-метаморфический парагенезис контролирует общее северо-западное простирание и положение в разрезе рудного штокверка. Более поздние деформации – складки продольного (СЗ→←ЮВ) изгиба контактовых поверхностей и сопряженные с ними сколово-сдвиговые тектонические нарушения, наложенные на ранние стресс-тектониты, контролируют позицию продуктивных участков с высоким метропроцентом WO<sub>3</sub>.

2. Стержневым элементом в геологической структуре месторождения является линейный массив гранитов тукурингрского комплекса, выполняющий ядерную часть асимметричной антиклинальной складки, входящей в структурно-тектонический ансамбль Желтулакской шовной зоны. В экзо- и эндоконтактовых частях данного массива в условиях контрастной геологической среды и сменяющихся геодинамических

обстановок возникают вышеуказанные структурно-деформационные парагенезисы и локализуется линейный рудный штокверк.

3. По приведенным петрохимическим характеристикам вольфрамоносные гранитные интрузии ГРП относятся к петрохимическому I-типу (по Chappel, 1974). Проведенные изотопно-геохронологические исследования U-Pb и Pb-Pb методами свидетельствуют о неоднократном омоложении в более поздние орогенические эпохи.

4. Установленная стадийность минералообразования связана с эволюцией высокотемпературных кремне-щелочных пневматолито-гидротермальных рудоносных растворов.

5. Разработанная автором прогнозно-поисковая модель Гетканчикского месторождения позволила достаточно высоко оценить перспективы СЗ фланга ГРП, а также Ньюжинскую прогнозную площадь как потенциально рудную с верхнерудным уровнем эрозионного среза и рекомендовать их к горно-буровой заверке.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

1. Шашорин Б.Н., Гиль В.А., Рахманов Н.Л., Макаров А.И., Покалов В.Т. Гравиметрические характеристики земной коры и эндогенная металлогения Верхнего Приамурья // Разведка и охрана недр. 2013. № 2. С. 35-41

2. Гиль В.А., Рахманов Н.Л., Шашорин Б.Н., Рябцев В.В., Железова Е.В. Структурное положение и возраст вольфрамоносных гранитов Гетканчикского рудного поля // Разведка и охрана недр. 2012. № 12. С. 8-11.

3. Шашорин Б.Н., Рахманов Н.Л., Железова Е.В., Гиль В.А. Структурно-тектонический контроль и условия локализации промышленных рудных концентраций на проявлении вольфрама Гетканчикское // Разведка и охрана недр. 2011. № 11. С.11-14.

4. Павловский А.Б., Бурова Т.А., Рахманов Н.Л., Гиль В.А. Месторождения Буркат – новый для Якутии представитель совмещенного оруденения олово-грейзенового и олово-кварцевого промышленных типов // Разведка и охрана недр. 2011. №4. С. 43-49.

5. Гиль В.А. Новые данные о возрасте гранитоидных массивов Гетканчикского молибден-вольфрамового рудного поля (Верхнее Приамурье) // Материалы II Всероссийской молодежной научной конференции “Геология Забайкалья”. Улан-Удэ: ГИН СО РАН, 2012. С. 60-62.

6. Гиль В.А., Павлова А.А. Закономерности размещения и формирования молибден-вольфрамового оруденения скарнового типа в геологических структурах Гетканчикского рудного поля // Четвертая научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых». М.: ФГУП «ВИМС», С.42-44.

7. Гиль В.А. Петрохимические характеристики гранитоидов Гетканчикского рудного поля в связи с вопросами их вольфрамоносности //

Третья научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых». М.: ФГУП «ВИМС», 2011. С.41-42.

8. Шашорин Б.Н., Рахманов Н.Л., Васильев А.А., Железова Е.В., **Гиль В.А.** Структурно-тектонический контроль и условия локализации промышленных рудных концентраций на проявлении вольфрама «Гетканчикское» в Амурской области // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Минералогия Северо-восточной Азии». Улан-Удэ: ГИН СО РАН, 2011. С. 179-181.

9. Руднев В.В., Пахомов М.И., Макаров А.И., Митрофанов Н.П., Бурова Т.А., **Гиль В.А.** Прогнозно-поисковые физико-геологические модели месторождений W, Mo, Sn связанных с гранитоидами // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых – состояние и перспективы. М.: ФГУП «ЦНИГРИ», 2011. №3-4. С.147-148

10. **Гиль В.А.** Этапы рудообразования Гетканчикского молибден-вольфрамового рудного поля (Верхнее Приамурье) // III Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П.Карпинского. СПб.: ФГУП «ВСЕГЕИ», 2013. С. 192-195.

11. **Гиль В.А.** Комплекс статистических методов как источник дополнительной информации при определении стадийности минералообразования // 7 Международная научная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых». М.: УРАН ИПКОН РАН, 2010. С. 77-79.

Подписано в печать 18.03.2013 г.  
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 1,0  
Отпечатано на ризографе.  
Тираж 100. Заказ № 8

РИС «ВИМС»  
119017, г. Москва, Старомонетный пер. дом 31