

На правах рукописи



Яловик Георгий Айратович

**ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ШАРЬЯЖНО-НАДВИГОВЫХ
СТРУКТУРАХ ЯНО-КОЛЫМСКОГО И
МОНГОЛО-ОХОТСКОГО ОРОГЕННЫХ ПОЯСОВ
(НА ПРИМЕРЕ БАДРАНСКОГО, КАРИЙСКОГО И
ПИЛЬНЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ)**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка месторождений
твёрдых полезных ископаемых, минерагения

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2016

Работа выполнена в Федеральном бюджетном учреждении “Территориальный фонд геологической информации по Сибирскому федеральному округу” (ФБУ “ТФГИ по СФО”)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
Татаринов Александр Васильевич

Официальные оппоненты:

Абрамов Баир Намжилович, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук (ИПРЭК СО РАН, г. Чита), ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза

Сазонов Анатолий Максимович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ, г. Красноярск), профессор кафедры геологии, минералогии и петрографии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева» Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск)

Защита состоится «09» ноября 2016 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) по адресу: 634050, г. Томск, проспект Ленина 30 (20-й корпус, 504)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск, ул. Белинского, 55) и на сайте: <http://portal.tpu.ru/council/914/worklist>

Автореферат разослан «___» сентября 2016 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
К. Г.-М. Н., доцент



Л.В. Жорняк

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Золоторудная минерализация, приуроченная к динамометаморфическим комплексам шарьяжно-надвиговых структур коллизионной геодинамики, сравнительно широко распространена в докембрийских кратонах и разновозрастных орогенных поясах (Алданский, Воронежский, Канадский и др. щиты; Саяно-Байкальский, Монголо-Охотский, Яно-Колымский и другие орогены). В последнее время она рассматривается в составе рудных объектов, выделенных в новые слабо изученные формационный (зон милонитизации и рассланцевания) и генетический (динамогенный) типы оруденения (Щеглов, 1997). Был выделен также тектоно-метаморфогенный шарьяжно-надвиговой тип золоторудных полей, месторождений. В этой связи возникла необходимость в детальных металлогенических исследованиях объектов рассматриваемых типов для разработки научно обоснованных поисковых моделей.

Цель работы. Установить основные геолого-структурные, литолого-петрографические и минералого-геохимические особенности, морфоструктурные типы золоторудных зон и залежей в динамометаморфических комплексах шарьяжно-надвиговой тектоники на примерах Бадранского, Карийского и Пильненского месторождений. Разработать эффективную методику поисков и оценки рудных зон и залежей с промышленным оруденением.

Основные задачи исследований:

1) Типизация рудоносных шарьяжно-надвиговых структур Бадранского, Карийского и Пильненского золоторудных месторождений.

2) Выявление петрографических и минералого-геохимических особенностей продуктивных динамометаморфических комплексов.

3) Разработка комплекса нетрадиционных минералого-геохимических методов локального прогнозирования, оценки продуктивности золоторудного оруденения на примере Бадранского месторождения.

Фактический материал, методы исследований и личный вклад автора. В основу диссертационной работы положены результаты многолетних (1991-2000 гг.) геолого-структурных, литолого-петрографических и минералого-геохимических исследований, полученных в процессе проведения прогнозно-поисковых и разведочных (Индибирская экспедиция ГОК “Индибирзолото”, ОАО “Артель старателей Западная”, ОАО “Прииск Усть-Кара”, ООО “Старательская артель Восточная”), а также тематических (ВостСибНИИГГиМС, Иркутский госуниверситет) работ на Бадранском, Пильненском, Карийском месторождениях золота. Автор принимал непосредственное участие в полевых исследованиях, обработке и обобщении фактических данных. Кроме того, используя полученный опыт лично автором диссертации в последние годы проводились прогнозно-поисковые работы в Восточно-Саянском (Коневинское и Барун-Холбинское месторождения) и Муйском (Ирбинское месторождение) золоторудных районах с целью выявления промышленных золоторудных тел тектоно-метаморфогенного шарьяжно-надвигового типа.

Комплекс методов изучения рудных объектов включал:

- структурно-геологическое картирование с помощью площадного маршрутного обследования (150 км²), составление опорных разрезов (3000 м) с использованием документации кернавого материала (12000 м), подземных горных выработок, траншей и канав, эксплуатационных карьеров;
- петрографическое изучение руд и вмещающих пород (850 шлифов и аншлифов);
- минералогический анализ проб-протолочек и бороздовых проб (120 шт.), шлиховых проб (200 шт.) из отвалов горных выработок;

Вещественный состав пород и руд исследовался с использованием рентгенометрии (“Сосновгеология”, ИЗК СО РАН), СЭС-анализа (С.И. Прокопчук – Институт геохимии СО РАН), атомно-абсорбционного и пробирного анализа (ЛИЦИМС – г. Чита, Институт геохимии СО РАН, ЗабНИИ), микрозонда Camebax (Иргиредмет). Определение содержаний $C_{орг}$ проведено в аналитической лаборатории ВостСибНИИГГиМСа.

В работе использованы отдельные материалы А.В. Татаринова и Л.И. Яловик, а также некоторые результаты структурного анализа С.П. Летунова и А.А. Матвейчука, полученные в ходе совместных работ по изучению Бадранского месторождения.

Специальному изучению были подвергнуты карбонатные минералы Бадранского месторождения, которые из горных пород и руд извлекались путем их избирательного растворения в кислоте (метод кислотных вытяжек), а затем химически анализировались в Институте геохимии СО РАН.

Основные защищаемые научные положения:

1) Выделены 4 типа рудоконтролирующих надвиговых структур: одношовные и многошовные надвиги, зоны тектонического и автокластического меланжа. Каждый из них характеризуется своими особенностями распределения золоторудной минерализации и различной продуктивностью, определяемых степенью динамометаморфических преобразований исходных горных пород.

2) Золотоносный динамометаморфический комплекс надвиговых структур представлен катаклазитами, милонитами, псевдотахилитами, тектонобрекчиями, жилами и прожилками гранулированного кварца. Первичные для них различные петротипы горных пород геохимически специализированы на золото, частично другие рудные элементы, что находит отражение в составе рудных минеральных ассоциаций и парагенезисов.

3) Разработан и апробирован нетрадиционный комплекс минералого-геохимических методов локального прогнозирования, поисков и оценки золоторудных зон и залежей, включающий термохроматический метод, СЭС-анализ и метод “карбонатных шляп”.

Научная новизна работы:

– разработаны новые тектоно-метаморфические модели формирования Бадранского, Карийского и Пильненского месторождений;

- для рассматриваемых в диссертации золоторудных объектов впервые установлена приуроченность оруденения к динамометаморфическим комплексам надвиговых швов, матриксу зон тектонического меланжа;
- установлены новые структурно-вещественные признаки локализации промышленного оруденения для изученных месторождений;
- разработана оптимальная экспрессная методика исследований при прогнозировании, поисках и оценке золоторудных месторождений в шарьяжно-надвиговых структурах коллизионной геодинамики.

Практическая значимость. Материалы, обобщения, выводы и рекомендации автора диссертации использованы для переоценки перспектив Пильненского месторождения ОАО “Прииск Усть-Кара”, при прогнозировании богатого золотого оруденения (рудных столбов) на Бадранском рудном поле (для ОАО “Артель старателей Западная” и ГОК “Индибирзолото”). Они также способствовали открытию автором нового Коневинского месторождения золота в Восточном Саяне, использовались в обосновании перспектив Ирбинской золотоносной зоны в Муйском районе.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 3 статьи в рецензируемых журналах из Перечня ВАК. Основные результаты работ докладывались и обсуждались на XVI региональной молодежной конференции (Иркутск, 1995), на II и III научно-технических конференциях Читинского Горного института (Чита, 1999, 2000), на трех Всероссийских научно-технических конференциях в г. Улан-Удэ (2006, 2010, 2011), на Международном горно-геологическом форуме (Всеколымская конференция, Магадан, 2008).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы. Она содержит 152 стр. текста, 47 иллюстраций, 11 таблиц, список литературы из 154 наименований.

Благодарности. Автор глубоко признателен за помощь, сотрудничество, поддержку в работе чл. корр. РАН Н.А. Горячеву, кандидату геолого-минералогических наук, доценту Иркутского политехнического университета С.П. Летунову, старшему научному сотруднику ВостСибНИИГГиМСа А.А. Матвейчуку, директору ОАО “Прииск Усть-Кара” В.П. Котельникову, гл. геологу бывшего ГОКа “Индибирзолото” В.П. Грищенко, гл. геологу ГРЭ “Индибирзолото” В.А. Суховеркову, гл. геологу Бадранской партии ГРЭ “Индибирзолото” Р.Г. Неустроеву. Благодарен доктору геолого-минералогических наук, член-корреспонденту РАН Николай Анатольевичу Горячеву.

Особенно благодарен автор научному руководителю доктору геолого-минералогических наук А.В. Татарину.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы исследования.

В главе 1 представлены:

1) анализ состояния проблемы изучения золотого оруденения в шарьяжно-надвиговых структурах орогенных поясов;

2) характеристика предшествующих исследований Бадранского, Карийского и Пильненского месторождений;

3) используемая методика исследований.

В главе 2 рассмотрены тектоно-геодинамические обстановки формирования Бадранского, Пильненского и Карийского золоторудных месторождений.

В главе 3 изложены материалы по структурам месторождений. Особое внимание уделено рудоконтролирующим структурам надвигового типа.

В главе 4 приведены результаты изучения литолого-петрографического состава и минералого-геохимических особенностей рудовмещающих и рудоносных динамометаморфических комплексов золоторудных полей.

В главе 5 рассмотрены условия локализации и закономерности размещения золотой минерализации в надвиговых структурах рудных полей. Дана характеристика строения выделенных рудных зон.

В главе 6 даны минералого-геохимические критерии и структурные факторы контроля промышленной золоторудной минерализации.

В главе 7 на примере Бадранского рудного поля приведены результаты комплексного применения термохроматического, литогеохимического и минералого-геохимического методов локального прогнозирования, оценки продуктивности золотого оруденения в динамометаморфических комплексах.

Первое научное положение: *“Выделены 4 типа рудоконтролирующих надвиговых структур: одношовные и многошовные надвиги, зоны тектонического и автокластического меланжа. Каждый из них характеризуется своими особенностями распределения золоторудной минерализации и различной продуктивностью, определяемых степенью динамометаморфических преобразований исходных горных пород”.*

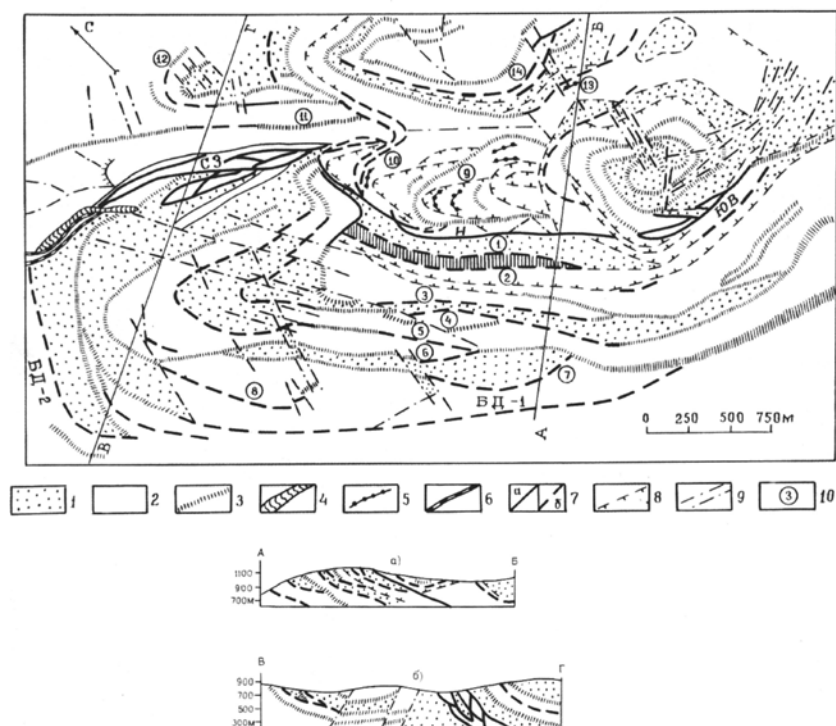
Бадранское месторождение

Общая структура рудного поля определяется двумя сложно сопряженными чашеобразными системами чешуй ранних пологих надвигов (рисунок 1). В области сочленения позднее сформировалась главная рудоносная структура поля зона Надвиговая – фрагмент Бадран-Эгеляхского разлома Мугурдах-Селириканской зоны разрывов. Синхронно с ней процессами образования руд, но в меньших масштабах, были охвачены шовные зоны ранних пологих надвигов и срывов.

Отличительными признаками рудного структурного парагенезиса Бадранского месторождения являются:

- наличие пологопадающей полосчатости в висячем крыле надвигов;
- преобладающая ориентировка шарниров складок по азимуту 110-60°;

- наличие жил гранулированного кварца плитообразной формы, выдержанных по мощности и элементам залегания, контролируемых трещинами скола. Жилы обладают следующими особенностями внутреннего строения:
- четкие прямолинейные или слабо волнистые контакты, как правило, секущие сланцеватость;
- развитие полосчатых текстур в кварце, особенно в приконтактных частях;
- ориентировка останцов вмещающих пород субпараллельно контактам жил.



1 - кремневые массивные, участками рассланцованные и милонитизированные (иногда с псевдотрахилитами) карбонат-альбит-гидрослюдистые псаммитовые и алевропсаммитовые катаклазиты; 2 - то же серой окраски; 3 - черные массивные углеродсодержащие гидрослюдисто-карбонат-альбитовые роговиковоподобные динамометаморфиты шовных зон ранних надвигов; 4 - черные милониты рудных зон с вторичным графитом и S-образным кливажем; 5 - конгломератоподобные тектонобрекчии; 6 - кварцевые жилы Северо-Западной рудной зоны; 7 - рудные зоны надвиговых швов, представленные углеродсодержащими милонитами с кварцевыми жилами и прожилками (а - прослеженные выработки, б - закартированные в маршрутах); 8 - предполагаемые надвиги; 9 - предполагаемые крутопадающие разрывные нарушения; 10 - номера рудных зон; БД-1 - Бадранская рудная зона № 1, БД-2 - Бадранская рудная зона № 2, ЮВ - Юго-Восточная рудная зона, СЗ - Северо-Западная рудная зона, Н - Надвиговая рудная зона.

Рисунок 1 – Структурно-геологическая схема и разрезы Бадранского золоторудного поля [10]

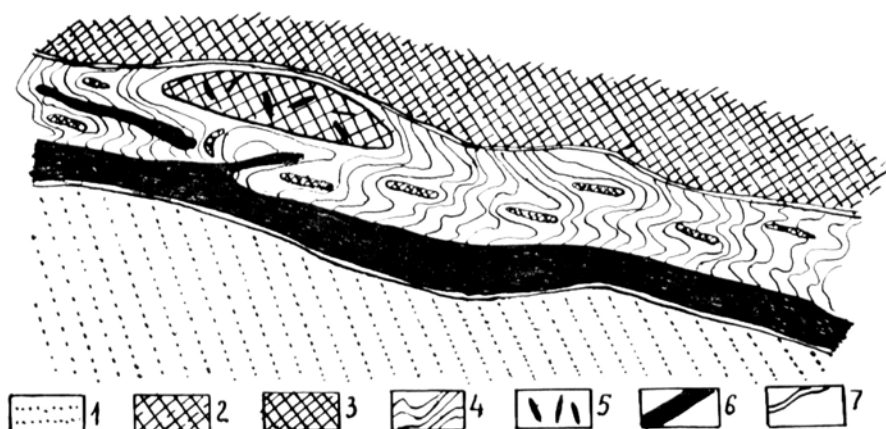
Структурные признаки рудных столбов были выявлены при детальном специализированном исследовании.

Выделяется два структурных типа участков с промышленным оруденением. Первый (рисунок 2) характеризуется следующими особенностями:

- шовная зона надвига представлена милонитами с характерным S-образным крутопадающим кливажем, выполненным углеродистым веществом поздней генерации и гранулированным кварцем;

- среди милонитов шовной зоны отмечаются мелкие линзовидные тела (реликты) кремневых березитов, длинной осью ориентированных вдоль пологого шва;

- со стороны лежащего бока динамометаморфиты обладают крутопадающей полосчатостью, обусловленной углеродистым веществом и в разной степени раскристаллизованными псевдотрахилитами.



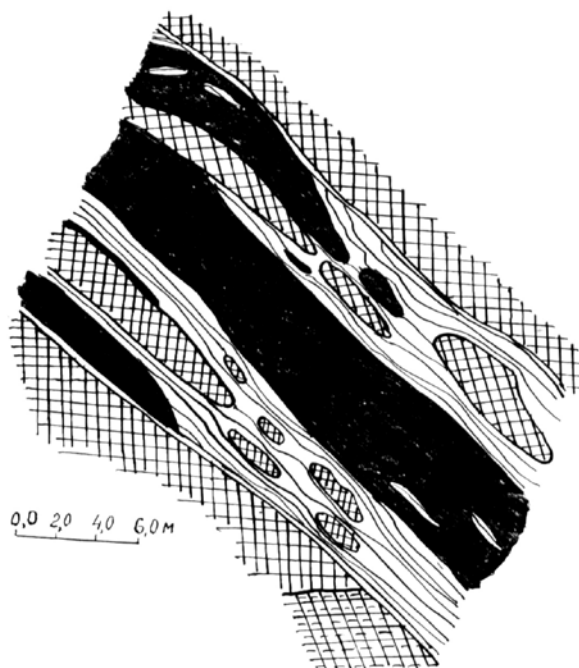
1 - катаклазит алевропсаммитовый, полосчатый, березитизированный, серый; 2 - слабополосчатый катаклазит по кремневым березитам; 3 - массивный березит; 4 - милонит; 5 - прожилковое окварцевание; 6 - жильный кварц; 7 - глина.

Рисунок 2 – Строение участка зоны Надвиговой на интервале 75-115 м, уклона 7 (I структурный тип участков с богатым золотым оруденением)

Второй структурный тип участков с богатым золотым оруденением (рисунок 3), в отличие от первого, не имеет S-образного крутого кливажа, ориентированного поперек шовной зоны надвига, представляя собой фрагмент структуры мезо- и макробудинажа в березитизированных массивных породах. Данный структурный тип отождествляется с автокластическим меланжем. Отличительная черта участков богатого оруденения второго структурного типа – наличие высокопродуктивных кварцевых оторочек вокруг некоторых будин.

Рудные столбы связаны только с кварцево-жильным типом залежей. Рудовмещающая среда, благоприятная для формирования богатых золотом участков, обладает специфическими особенностями состава, набора пород. В-первых, это присутствие значительного количества жильного безрудного кварца ранней (I) генерации, которой в процессе динамометаморфизма

преобразовывается в шовных зонах надвигов в продуктивный кварц II. Причем, как правило, ранний кварц выполняет крутопадающие трещины.



Условные обозначения смотри рисунок 2.

Рисунок 3 – Строение участка зоны Надвиговой в районе отрезка орт 55 – орт 57 (II структурный тип участков с богатым золотым оруденением)

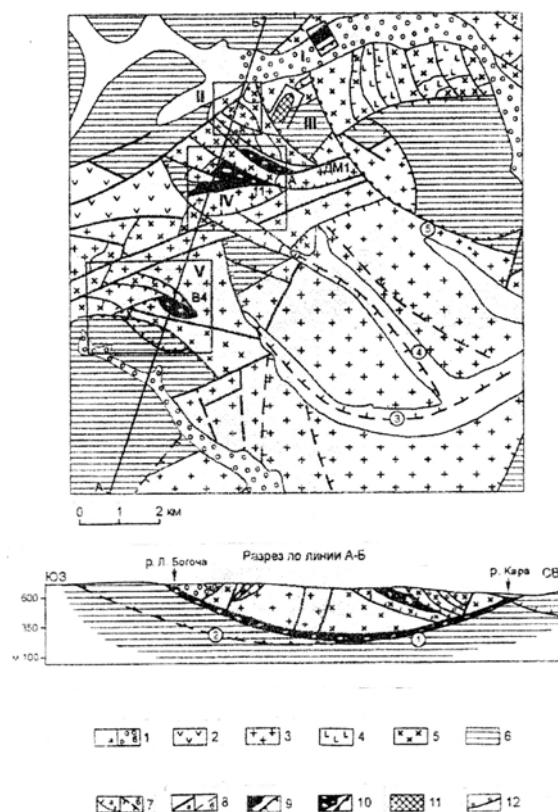
Карийское рудное поле

Структура Карийского рудного поля – производная его чешуйчато-надвигового строения. Самой крупной надвиговой структурой (структура 1-го порядка) является Карийско-Богочинский надвиг, ограничивающий аллохтонную пластину, фрагменты подошвы которой представлены мощной (до 100-150 м) зоной автокластического меланжа и тектонобрекчий. Эта чашеобразная структура, протяженность которой, судя по разрезу (рисунок 4) в северо-восточном направлении, составляет около 10 км, служит естественной границей Карийского поля по латерали и на глубину. Автохтон сложен метаморфическими и магматическими породами докембрийского фундамента. Породы аллохтона преимущественно представлены фанерозойским комплексом гранитоидов, в меньшей степени – породами докембрийской толщи. Все изученные объекты золоторудного поля (зоны, залежи) сосредоточены в аллохтонной пластине, имеющей максимальную толщину около 1,5 км.

- 1) автокластического меланжа (средне-блоковый, мелко-блоковый и линзовидно-пластинчатый);
- 2) минерализованных швов надвигов (многошовные или эшелонированные сколы и одношовные).

Золотоносные зоны автокластического меланжа

Маркируют подошвы Карийско-Богочинского шарьяжа и отдельных чешуй. Большой частью отработанные к настоящему времени, наиболее протяженные и высокопродуктивные россыпи золота, известные на площади Карийского поля (Карийская, Таратушихинская, Богочинская), являются продуктами гипергенной дезинтеграции и переработки золотоносных зон автокластического меланжа в руслах и долинах водотоков.



1 - четвертичные обломочно-песчано-глинистые отложения (а - с убогой золотоносностью, б - отработанные богатые россыпи золота); 2 - нижнеюрские эффузивные и туфогенные образования (куйтунская свита); 3 - мезозойские граниты амуджикано-сретенского комплекса; 4-5 - нижнепротерозойские породы: 4 - диориты, габбро-диориты, пироксениты; 5 - плагиограниты, гранодиориты, кварцевые диориты; 6 - архейские гнейсы, кристаллосланцы, амфиболиты; 7-8 - разрывы: 7 - пологие надвиги, 8 - крутопадающие сдвиги: а - установленные, б - предполагаемые; 9-12 - золотоносные надвиговые структуры: 9-10 - меланж: 9 - линзовидно-пластинчатый, 10 - блоковый; 11 - золотоносный блок габброидов в автокластическом меланже, 12 - минерализованные швы малоамплитудных надвигов и срывов.

I - V – детально изученные рудные участки: I - Амурская дайка, II - Сульфидный, III - Новинка, IV - Дмитриевский, V - Волгинский. Арабскими цифрами и буквами (В 4 и др.) указаны золоторудные зоны. Цифры в кружках - надвиги: 1 - Карийско-Богочинский, 2 - Право-Богочинский, 3 - Ивановский, 4 - Таратушихинский, 5 - Право-Карийский.

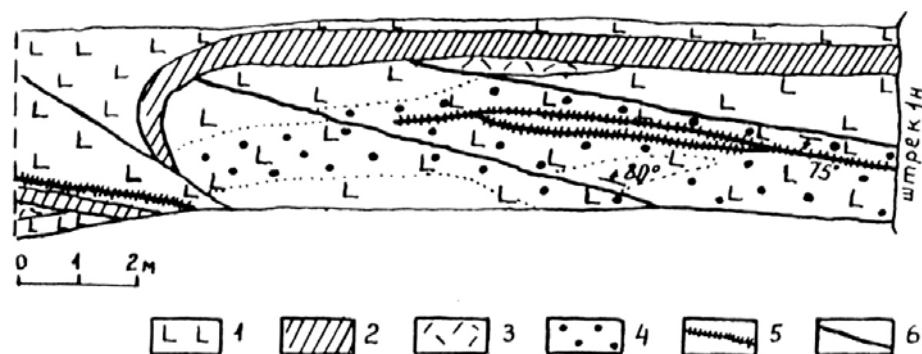
Рисунок 4 – Геолого-структурная схема и разрез Карийского золоторудного поля; использованы данные (Залуцкий, Летунов, 1989)

Выделяются два типа золотоносных надвиговых структур:

Средне-блоковый подтип золотого оруденения

Золотоносный автокластический меланж сложен глыбами, будинами горных пород размером десятки и сотни метров, в то время как мелко-блоковый – представлен глыбовым материалом размерностью до 10 м. Примерами этой разновидности рудоконтролирующих структур типа зон автокластического меланжа являются участки Новинка (рисунок 5) и Волгинский (группа Волгинских проявлений золота). Золоторудная минерализация на участке Новинка сосредоточена главным образом в краевых частях и на флангах крупной (1250x800x300 м) будины, сложенной габбро, габбро-анортозитами, анортозитами, габбро-диоритами и диоритами, находящейся в поле развития катаклазированных кварцевых диоритов и гранодиоритов.

Так называемая внутриблоковая (в просечках будины и слагающих ее блоков) жильная минерализация участка Новинка, выполняющая в основном крутопадающие, реже пологопадающие трещины скола и отрыва, на самом деле имеет прерывистый характер и рудные объекты, известные как рудные “жилы”, которые большей частью состоят из линз и прожилков кварц-актинолит-магнетитового или реже кварц-сульфидного состава.



1 - диориты; 2 - очковые бластомилониты по диоритам (“дайки гибридных порфиров” в легенде предшественников); 4 - зона прожилково-вкрапленной минерализации с промышленными содержаниями золота; 5 - рудные кварцевые жилы; 6 - тектонические нарушения.

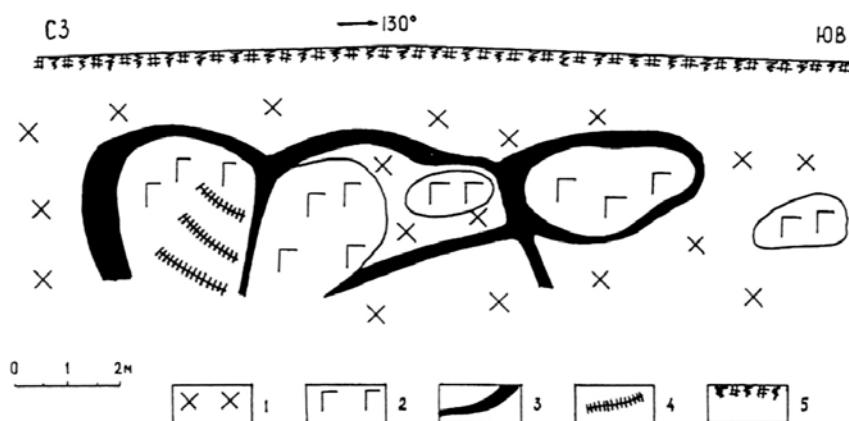
Рисунок 5 – Внутрибудинная золоторудная минерализация зоны средне-блокового меланжа на участке Новинка Карийского поля (зарисовка штрека 1 «А» шахты № 1 Т.Т. Шугарова с изменениями)

Мелко-блоковый подтип золотого оруденения

Типичные примеры золотого оруденения рассматриваемого подтипа – зоны «А», 11 участка Дмитриевского и отдельные части зоны В 4 участка Волгинский.

В зоне «А», вскрытой карьером на значительную глубину, зона автокластического меланжа представлена округлыми глыбами, будинами габбро, габбро-диоритов размерами от 0,8x1,5 м до 4,5x3,0 м, отороченными в краевых частях очковыми бластомилонитами, катаклазитами и милонитами с вкраплено-прожилковым оруденением, которые сцементированы катаклазитами гранит-диоритового состава (рисунок 6). Динамометаморфиты милонитовой фации в

оторочках блоков и будин со сглаженной поверхностью основных пород – яркое свидетельство их тектонического окатывания в процессе надвигообразования. На участке Волгинском в золотоносной зоне автокластического меланжа цементирующий матрикс сложен оруденелыми бластомилонитами, катаклазитами и милонитами, превращенными процессами гипергенеза в глину, в глинисто-железистые образования. Окатанные блоки здесь состоят из катаклазированных гранодиоритов. Размеры их в основном колеблются от 0,2х0,5 м до 1,5х2,0 м. Расстояния между ними составляют от 0,5 до 7-8 метров.



1 - катаклазированные диориты; 2 - мезогаббро; 3 - выветрелые до сыпучки катаклазиты и милониты с сульфидной золотосодержащей минерализацией; 4 - прожилки рудного кварца; 5 - почвенно-растительный слой.

Рисунок 6 – Строение золотоносной мелкоблоковой зоны автокластического меланжа на участке Дмитриевском Карийского поля (зарисовка фрагмента северо-восточной стенки добычного карьера на золоторудной зоне А; [10])

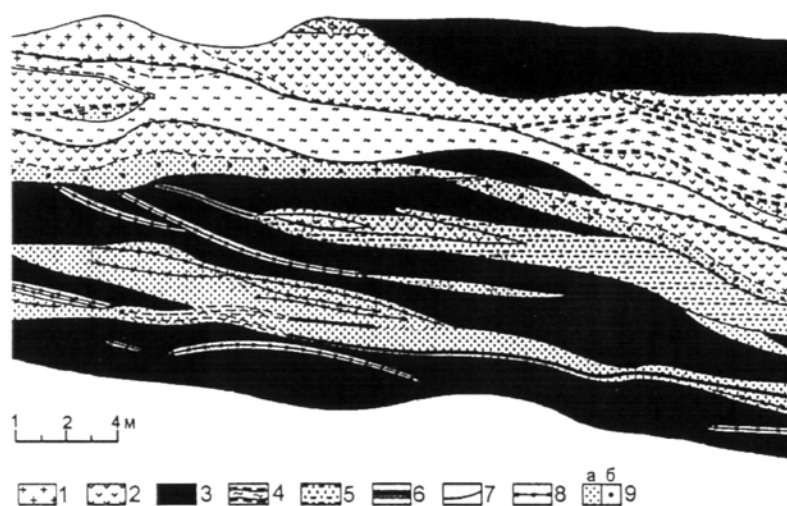
Золотоносные зоны тектонического меланжа

Линзовидно-пластинчатый подтип оруденения

Рассматриваемый подтип золотого оруденения характеризует участок Амурская дайка и некоторые рудные зоны Дмитриевского и Волгинского участков (рисунок 7).

На участке Амурская дайка он определен серией линзовидных будин мощностью 14-50 м, сложенных породами габбро-диоритового ряда, промежутки между которыми выполнены оруденелыми (прожилково-вкрапленная сульфидизация, окварцевание, серицитизация и т. д.) очковыми бластомилонитами, милонитами и катаклазитами. Максимальная мощность межбудинных оруденелых участков по данным колонкового бурения составляет 35-60 м.

На участке Дмитриевском, в пределах зоны 11, в районе выявленных поисковыми работами рудных тел, известных как “жилы В и Г”, блоки неизмененных горных пород в зоне линзовидно-пластинчатого автокластического



1 - мелкозернистые калишпатизированные граниты; 2 - катаклазированные диориты; 3 - очковые бластомилониты; 4 - глинистые образования; 5 - рассланцованные и обохренные породы с кварц-турмалин-сульфидными линзами и гнездами; 6 - сливные кварцевые руды с пустотами выщелачивания и гнездами охр, сульфидов; 7 - сливные кварц-турмалиновые прожилки; 8 - вкрапленная турмалинизация; 9 - окварцевание: рассеянно-вкрапленное (а), гнездово-прожилковое (б).

Рисунок 7 – Строение золоторудной зоны линзовидно-пластинчатого меланжа В 4 (участок Волгинский Карийского рудного поля; фрагмент зарисовки полотна траншеи № 1, выполненной А.В. Кузнецовым, с интерпретацией)

меланжа разделены в разной степени минерализованными березитизированными бластомилонитами и милонитами по диоритам, с наложенной золотоносной линзово-прожилковой кварц-турмалин-сульфидной минерализацией. Просечки в будинах выполнены рудным кварцем.

На участке Волгинском в зоне рудоносного мелко-блокового меланжа отмечаются фрагменты линзовидно-пластинчатого (рисунок 7). Внутреннее строение его определяется сочетанием тонких линз и пластин, сложенных измененными гранитами, диоритами, сцементированных очковыми бластомилонитами и милонитами.

Тип минерализованных швов надвигов

Подтип минерализованных многошовных надвигов (эшелонированных сколов)

Данный структурный подтип оруденения широко распространен на Дмитриевском участке, где золотосодержащие многошовные надвиги вскрыты целым рядом скважин колонкового бурения. Швы надвигов представлены бластомилонитами, милонитами, псевдотакхилитами, в разной степени калишпатизированными и березитизированными, содержащими прожилково-вкрапленную кварц-турмалин-сульфидную минерализацию с золотом. Мощность рудоносных зон, образуемых сериями сближенных швов надвигов, изменяется от 20 до 150 м. Рудная минерализация в динамометаморфитах связана с

проявлениями сульфидов, магнетита, кварца, амфибола, хлорита, эпидота, графита и карбоната. Золотоносными являются калишпатиты по динамометаморфитам, состоящие из калишпата (70%), альбита (10-15%), кварца (5-10%), пирита (3-5%), арсенопирита (0,5%), а также актинолит-кварцевые образования.

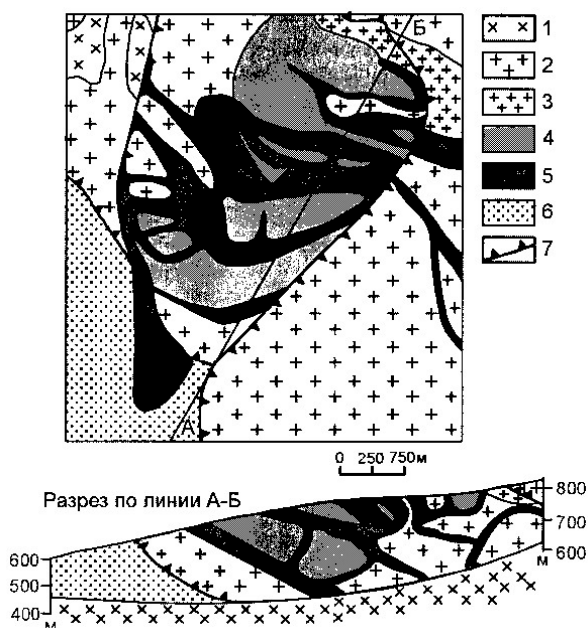
Рудный парагенезис состоит из турмалина, эпидота, хлорита, биотита, флюорита, пирита, арсенопирита, магнетита, галенита, халькопирита, пирротина, сфалерита, самородного золота.

Подтип одношовных надвигов

Обычно фиксируют подошвы некоторых чешуй, слагающих аллохтон Карийского рудного поля. Данный структурный подтип оруденения распространен на участках Сульфидном и Дмитриевском. При этом характер проявления золоторудной минерализации тот же, что и в зонах многошовных надвигов, только масштабы ее значительно меньше. Обычно мощность таких зон не превышает 8-10 м. Нередко наблюдаются постепенные переходы между минерализованными многошовными и одношовными надвигами по простиранию (зона Дм 1).

Пильненское рудное поле

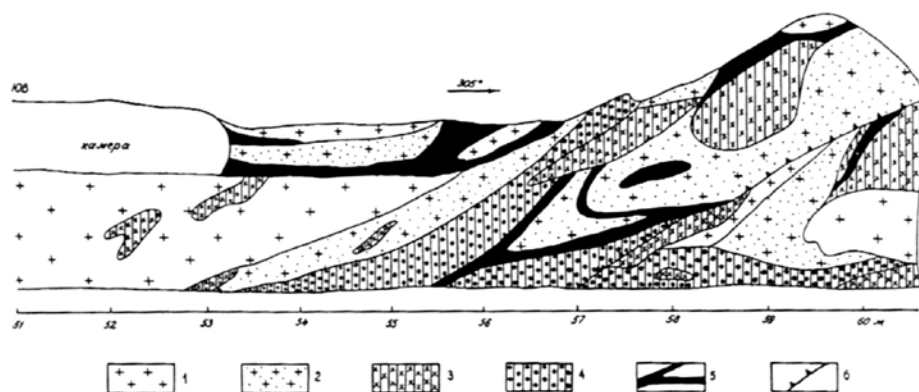
Структура определена как минерализованная зона среднеблокового автокластического меланжа; участками мелкоблоковой и линзовидно-пластинчатой морфологии. Зона автокластического меланжа представляет собой подошву в значительной степени эродированного шарьяжа, сложена разноразмерными (от 1500x1000 до 250x100 м) блоками, линзами и будинами местных пород (рисунок 8).



1 - биотито-роговообманковые граниты с останцами габбро, диабазов, амфиболитов; 2 - биотитовые граниты; 3 - аплитовидные кварц-альбитовые динамометаморфиты (раскристаллизованные псевдтахилиты и милониты); 4 - аподиоритовые динамометаморфиты типа лейкогранитов; 5-6 - матрикс

автокластического меланжа: 5 - сложенный преимущественно тектонобрекчиями, слаборудоносный, 6 - преимущественно псаммит-милонит-аргиллизитового состава с промышленным оруденением штокверкового типа; 7 - дезинтегрированный фрагмент зоны автокластического меланжа, отработанный как русловая золотоносная россыпь; 8 - аллювиальные отложения р. Кары; 9 - надвиги; 10 - линии разрезов.

Рисунок 8 – Схема геологического строения и разрез Пильненского рудного поля



1 - биотитовые граниты; 2 - катаклазиты по биотитовым гранитам; 3 - катаклазированные мелкозернистые лейкограниты; 4 - окварцованные и аргиллизированные аплитовидные кварц-альбитовые милониты; 5 - золоторудный кварц; 6 - надвиг.

Рисунок 9 – Внутреннее строение участка золоторудной зоны автокластического меланжа Пильненского месторождения (фрагмент зарисовки юго-восточной стенки штольни № 4)

Рудная минерализация на Пильненском месторождении главным образом сосредоточена в матрице автокластического меланжа. Мелкие жилы, гнезда кварц-турмалинового, кварц-гидрослюдистого, кварц-сульфидного, сульфидного состава чаще всего обрамляют будины, повторяя их криволинейную форму (рисунок 9). Небольшая часть рудного материала формирует маломощные (как правило, не более 0,5 м) крутопадающие жилы – просечки в самих будинах.

Рудные кварцевые жилы образуют каркас дуплексовой структуры или фрагмент лозанжа, в который трансформировался автокластический меланж на поздней стадии своего формирования.

На Карийском и Пильненском месторождениях наблюдается приуроченность промышленных скоплений золота к меланжевым структурам и многошовным надвигам, как правило, испытавших наложение поздних деформационных структур. Пример Волгинского участка Карийского поля свидетельствует, что среди золотоносных зон меланжа наиболее высокопродуктивным является тип линзовидно-пластинчатого. В зонах блокового типа зон автокластического меланжа показателем высокой продуктивности является наличие отторженцев (будин) с кварцсодержащими оторочками.

Второе научное положение: *“Золотоносный динамометаморфический комплекс надвиговых структур представлен катаклазитами, милонитами, псевдотрахилитами, тектонобрекчиями, жилами и прожилками гранулированного кварца. Первичные для них различные петротипы горных пород геохимически специализированы на золото, частично другие рудные элементы, что находит отражение в составе рудных минеральных ассоциаций и парагенезисов”.*

Бадранское поле

Самой распространенной группой пород рудовмещающей толщи являются катаклазированные песчаники псаммитовые и алевропсаммитовые катаклазиты, тектонические брекчии раннеколлизийного этапа формирования Бадранского поля.

Псаммитовые катаклазиты кварц-полевошпатового состава с преобладающей фракцией обломков 0,05-0,15 мм характеризуются угловатой, реже линзовидной формами зерен. Крупные обломки кварца и полевого шпата раздроблены и сцементированы перетертым материалом того же состава. Начальная стадия катаклаза в песчаниках выражена не только дроблением отдельных частиц, но и полосчатостью, возникшей за счет раннего кливажа S_1 , сопровождающегося течением, уплотнением и линзованием зерен, появлением обильных чешуй серицита, образованием систем поверхности скольжения, отложением углеродисто-рудного вещества (ранняя генерация).

Тектонобрекчии, нередко конгломератоподобные, образуют линзовидные вытянутые маломощные (первые сантиметры) тела в слабо катаклазированных песчаниках вблизи плоскостей надвигов.

Цемент брекчий – слюдисто-карбонатный. В нем сохранились оскольчатые частицы кварца, в меньшей степени – полевых шпатов и эффузивов, также замещенных альбит-кварцевым тонкозернистым агрегатом.

Обломки конгломератоподобных брекчий состоят из катаклазитов, жильного кварца, сцементированных более мелкими (гравелистыми) обломками того же состава. Они обуглерожены по периферии. Цемент в рассматриваемой разновидности динамометаморфитов гравелисто-псаммитовый.

Милониты или динамосланцы приурочены к зонам интенсивного рассланцевания и окварцевания, фиксируют плоскости надвигов. Визуально это черные слюдистые “сланцы” очковой (бластомилониты) и линзовидно-прожилковой текстуры. Микроскопически милониты представляют собой тонкозернистые породы, образовавшиеся при исключительно сильных деформациях катаклазитов. Милонитизация сопровождается перекристаллизацией порообразующих минералов и ростом слюд, альбита, карбоната, пирита, кварца.

Весьма своеобразны роговиковоподобные динамометаморфиты, выполняющие шовные зоны ранних надвигов, в которых были обнаружены реликты нераскристаллизованных стекол тектонического происхождения (псевдотрахилиты).

Продукт динамометаморфизма – жильный гранулированный кварц, с которым связана большая часть промышленного оруденения зоны Надвиговой. Текстура его чаще всего полосчатая (“книжная”) за счет включений графита, реже массивная. Структура – гранобластовая. В кварце кроме сульфидов присутствуют (до 10-11%) чешуйки светлой слюды, значительные примеси карбонатов (до 5%), лейкоксена (до 2%), рутил (до 1%).

Результаты определения содержаний золота в породах рудовмещающей толщи Бадранского поля позволяют в качестве его источника при формировании рудных тел рассматривать органическое вещество и сульфиды осадочного происхождения. В керогенной части органического вещества (89-93% от $C_{орг}$) содержания золота составляют 0,24-0,33 г/т, а в марказите в среднем 2 г/т.

В рудный этап развития структуры Бадранского поля в шовных зонах поздних надвигов (S-образный кливаж) формировались породы милонитовой фации с золоторудной жильно-прожилковой кварцевой минерализацией.

Рудному столбу блока 6 зоны Надвиговой свойственны сравнительно низкий уровень содержаний $C_{орг}$ (0,23-0,42 мас.%), высокий процент (около 20 мас.%) магнезиально-железистых карбонатов (доломит+сидерит) и величины отношений $FeCO_3:CaCO_3 \geq 4$. Со стороны висячего бока надвига над рудным столбом блока 6 в рудовмещающей толще обнаружен ореол карбонатизации (“карбонатная шляпа”), вскрытый разведочными канавами.

Карийское и Пильненское месторождения

В составе динамометаморфического комплекса выделены катаклазиты, тектонобрекчии, милониты, бластомилониты.

Продуктивный на золото динамометаморфический комплекс рассматривается автором как продукт тектонической переработки пироксенитов, габбро-анортозитов, габбро-диоритов и гранитов в шовных зонах надвиговых структур.

Среди пород динамометаморфического комплекса наиболее распространенными являются катаклазиты псаммитового облика.

Минеральный состав катаклазитов отвечает составу кварцевых диоритов и гранодиоритов. Примечательной особенностью катаклазитов является наличие в них (доли процента) стекла псевдотахилитового происхождения.

Тектонобрекчии встречаются значительно реже, чем псаммитовые катаклазиты. Брекчиевая текстура этих пород часто затушевана наложенной кварц-турмалиновой, кварц-магнетитовой, калишпатовой минерализацией и обнаруживается лишь при микроскопических исследованиях. Тектонобрекчии представляют собой типичную обломочную породу. Обломки, слагающие их, чаще всего имеют состав диоритов, гранодиоритов, в меньшей степени – габбро-диоритов и гранитов.

Милониты образуют тела небольшой мощности (первые метры) среди тектонобрекчий и псаммитовых катаклазитов. Состав их преимущественно серицит-кварц-альбитовый. К бластомилонитам отнесены порфиробластовые хлорит-актинолитовые породы. Из реликтовых минералов в них обнаружены плагиоклаз и роговая обманка.

Милониты, развивающиеся по гранодиоритам, по составу соответствуют двуполевошпатовым лейкогранитам и визуально могут быть приняты за магматические породы гранитного ряда или песчаники. Они часто обладают очковой текстурой. Матрикс милонитов лейкогранитового облика сложен кварцем и полевым шпатом, обладает мозаичной структурой. В нем выделяются порфиробласты (0,5-1,0 мм) дипирамидального кварца (до 7%), в меньшей степени (до 3%) – микроклина (размер до 1 мм).

При динамометаморфизме пироксенитов возникает ассоциация минералов, состоящая из амфибола, раскисленного плагиоклаза (до олигоклаза), турмалина, карбоната, соссюрита, магнетита и пирита.

Источником золота в месторождениях Пришилкинской зоны большей частью являлись докембрийские амфиболиты, пироксениты, габброиды. По данным Ю.П. Евсеева (Евсеев, 1975), первоначальная золотоносность этих пород в 2,1 раза превышает кларковые содержания золота в ультраосновных породах и в 2,6 раза в основных магматитах.

Третье научное положение: *“Разработан и апробирован нетрадиционный комплекс минералого-геохимических методов локального прогнозирования, поисков и оценки золоторудных зон и залежей, включающий термохроматический метод, СЭС-анализ и метод “карбонатных шляп”.*

Эти методы разрабатывались на примере Бадранского рудного поля.

Каждый из них методов позволяет с вероятностью $>0,5$ оконтуривать рудные зоны на поверхности и особенно на глубине, не выходящие на дневную поверхность. Комплексование указанных методов обеспечивает надежность и весьма высокую достоверность прогнозных оценок.

Термохроматический метод

Эталонные пробы из выработок, пройденных по рудному столбу блока 6 (штольня 400) при обжиге приобрели преимущественно белую с кирпичным оттенком окраску и реже лилово-белую, а пройденных по обогащенным золотом рудным интервалом блока 5 (штольня 280) и 4 (штольня 252) главным образом – лилово-белую, в отдельных случаях – белую. Слабо оруденелые или безрудные участки зоны Надвиговой характеризуются бурой окраской при прокаливании.

Методом обжига керновых проб буровых скважин и проб из канав продуктивная часть зоны Надвиговой прослежена в северо-восточном направлении. По скважине 73 она установлена на интервале глубин 215-260 м, по скважине 74 – 220-305,6 м. Таким образом, на продолжении рудного столба блока 5 прогнозируется новый рудный столб, пересеченный скважинами 73 и 74.

С помощью термохроматического метода прогнозируется промышленное золотое оруденение по рудным зонам Бадранская 1 и 2, а также Северо-Западной и Юго-Восточной.

Литогеохимический метод с использованием СЭС-анализа

Опробование эталонных рудных интервалов по блокам 5 и 6 зоны Надвиговой показало, что промышленные руды по данным определения

сцинтилляционным спектральным анализом не показывают содержания золота, опускающихся ниже 0,01 г/т. Результаты анализа проб, отобранных из подземных горных выработок на горизонте штолен 400, 252 и 280 и являющиеся эталонными для участков с богатым промышленным оруденением, показали содержания золота 0,01-4,4 г/т, серебра 0,02-6,0 г/т. Они и использованы как критерии прогнозирования рудных столбов.

Вероятность прогноза рудных столбов только на основании данных по определению содержания золота методом СЭСа примерно равна 0,5.

В результате изучения глубоких горизонтов зоны Надвиговой под рудным столбом блока 5, по данным СЭС-анализа керновых проб скважины 73, на интервале глубин 191-241 м ($Au=0,01-2,0$ г/т, $Ag=0,01-1,5$ г/т), прогнозируется богатое промышленное оруденение.

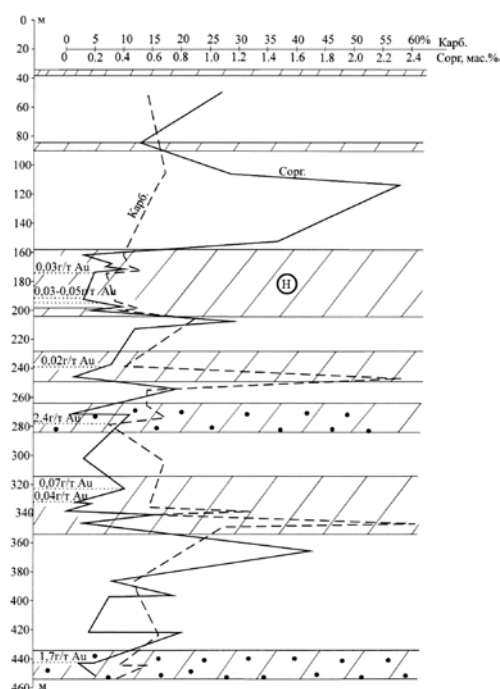
Минералого-геохимический метод на основе анализа химсостава карбонатных вытяжек (картирование “карбонатных шлям”)

Полученные данные химического анализа кислотных вытяжек из различных типов руд, пород окolorудных зон и рентгено-структурных определений карбонатов из прожилков позволили выделить три вида карбонатных минералов (кальцит, доломит, сидерит), и предложить в качестве критериев выделения промышленно значимых участков рудных зон содержания (>90 мас. %) магнезиально-железистых карбонатных фаз по отношению к массе всех карбонатных минералов, а также значения величин отношения $FeCO_3:CaCO_3 > 4$.

Следует отметить, что каждый из предлагаемых нетрадиционных методов локального прогнозирования промышленных скоплений Au в черносланцевых формациях не может на 100% гарантировать положительный результат. Только их комплексирование на примере Бадранского месторождения (рисунок 10) дает возможность надежной, достоверной оценки перспектив глубоких горизонтов и флангов известных рудных полей, а также эффективно проводить поиски на новых площадях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение структурно-геологических и минералого-геохимических особенностей Бадранского, Карийского и Пильненского золоторудных полей, локализованных в динамометаморфических комплексах коллизионных структур Яно-Колымского и Монголо-Охотского орогенных поясов показало следующее. Независимо от условий происхождения и вещественного состава пород, участвующих в коллизии террейнов, структуры рудных полей, морфология и внутреннее строение золоторудных зон, тел обладают большим сходством, обусловленным единым механизмом шарьяжно-надвигового тектоногенеза. Характерной особенностью изученных золоторудных полей шарьяжно-надвигового типа является их чашеобразная структура. Установлено, что рудоносными являются динамометаморфиты (кварц, милониты, бластомилониты, катаклазиты, тектонобрекчии, раскристаллизованные псевдотахилиты),



Заштрихованы прогнозируемые рудные зоны, “Н” – зона Надвиговая; точечным крапом показаны прогнозируемые зоны с богатым оруденением.

Рисунок 10 – Распределение содержаний $C_{орг}$, карбонатов, аномальных-концентраций золота по разрезу скважины 78 Бадранского рудного поля

выполняющие швы надвигов, цементирующий матрикс, а также оторочки вокруг блоков (будин) в зонах меланжа и лозанжа.

Выявленные структурно-вещественные признаки и критерии промышленного оруденения изученных рудных полей являются следствием динамометаморфического (тектонно-метаморфического) преобразования горных пород в условиях деформаций сжатия. Выяснено, что источником золота при формировании рудных тел в шарьяжно-надвиговых структурах служили различные по происхождению и петрографическому составу горные породы, обладающие повышенным геохимическим фоном золота. С учетом выявленных условий локализации и закономерностей пространственного размещения промышленных концентраций золота в золоторудных полях предложена рациональная методика проведения поисково-прогнозных и геологоразведочных работ.

Полученные результаты исследований могут быть использованы для перспективной оценки на золото шарьяжно-надвиговых структур в различных коллизионных орогенических поясах России.

Список опубликованных работ автора по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК

1 Татаринов, А. В. Золотое оруденение в надвиговых структурах Монголо-Охотского коллизионного шва (Пришилкинская и Онон-Туринская зоны) / А. В.

Татаринов, Л. И. Яловик, Г. А. Яловик // Тихоокеанская геология. – 2004. – Т. 23. – № 3. – С. 22-31.

2 Татаринов, А. В. Нетрадиционные методы локального прогнозирования, оценки продуктивности золотого оруденения в углеродистых комплексах Кулар-Нерского сланцевого пояса / А. В. Татаринов, Г. А. Яловик, Л. И. Яловик // Руды и металлы. – 2011. – № 5. – С. 43-51.

3 Яловик, Г. А. Пильненское месторождение золото-редкометалльной формации: новая геолого-структурная модель и оценка продуктивности / Г. А. Яловик, А. В. Татаринов, Л. И. Яловик // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 6. – С. 43-51.

В других изданиях

1 Бахтин, В. И. Перспективы развития новых “нетрадиционных” типов золотого оруденения в Республике Бурятия / В. И. Бахтин, А. В. Татаринов, Л. И. Яловик, А. Г. Миронов, Г. А. Яловик // Золото северного обрамления Пацифика / Международный горно-геологический форум. Тезисы докладов Всеколымской горно-геологической конференции, посвященной 80-летию первой Колымской экспедиции Ю. А. Билибина, Магадан, 10-14 сентября 2008 г. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. – С. 163-164.

2 Летунов, С. П. Геодинамические особенности формирования золоторудной минерализации в Бадранской надвиговой зоне / С. П. Летунов, А. А. Матвейчук, С. С. Шакин, Г. А. Яловик // Структурная и вещественная эволюция Центрально-Азиатского складчатого пояса / Тезисы докладов XVI региональной молодежной конференции – Иркутск: ИЗК СО РАН, 1995. – С. 35-37.

3 Татаринов, А. В. Структурно-тектонические факторы размещения богатого золотого оруденения на Бадранском месторождении / А. В. Татаринов, Г. А. Яловик // Материалы II научно-технической конференции Горного института. – Чита: ЧитГТУ, 1999. – С. 64-67.

4 Татаринов, А. В. Экспрессные минералогический и геохимический методы поисков золоторудных месторождений в надвиговых структурах / А. В. Татаринов, Л. И. Яловик, С. И. Прокопчук, Г. А. Яловик // Проблемы геологии и разведки месторождений золота, извлечения благородных металлов из руд и отходов производства / Материалы международной научно-технической конференции 17-19 ноября 1999 г. – Екатеринбург: Уральская государственная горно-геологическая академия, 1999. – С. 83-84.

5 Татаринов, А. В. Золоторудные поля в зонах автокластического меланжа шарьяжей / А. В. Татаринов, Л. И. Яловик, Г. А. Яловик // Проблемы разведки, добычи и обогащения руд благородных металлов и техногенного сырья / Материалы международной научно-технической конференции 8-11 ноября 2000 г., г. Екатеринбург. – Екатеринбург, 2000. – С. 61-62.

6 Татаринов, А. В. Новая структурная модель Пильненского золоторудного поля / А. В. Татаринов, Л. И. Яловик, Г. А. Яловик // Третья научно-техническая конференция Горного института / Материалы конференции. Ч. 2). – Чита: ЧитГТУ, 2000. – С. 26-29.

7 Татаринов, А. В. О направлении прогнозно-поисковых и геолого-

разведочных работ на золото Бурятии / А. В. Татаринов, Л. И. Яловик, Г. А. Яловик // Анализ состояния и развития Байкальской природной территории: минерально-сырьевой комплекс / Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 20-24 июля 2006 г. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – С. 42-44.

8 Татаринов, А. В. Типы золоторудной минерализации на Пильненском месторождении / А. В. Татаринов, Л. И. Яловик, Г. А. Яловик // Третья научно-техническая конференция Горного института / Материалы конференции. Ч. 2. – Чита: ЧитГТУ, 2000. – С. 23-26.

9 Яловик, Г. А. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Бурятии / Г. А. Яловик // Новые и нетрадиционные типы полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья / Материалы Всероссийской научно-практической конференции – Улан-Удэ: ИД “Экос”, 2010. – С. 3-15.

10 Яловик, Г. А. Пильненское золото-молибденовое месторождение – крупнотоннажный рудный объект штокверкового типа в Восточном Забайкалье / Г. А. Яловик, А. В. Татаринов, Л. И. Яловик // Минерагения Северо-Восточной Азии / Материалы III Всероссийской научно-практической конференции – Улан-Удэ: ИД “Экос”, 2011. – С. 197-199.