

ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УГЛЕРОДИСТЫХ ТЕРРИГЕННЫХ И КАРБОНАТНО-ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГУП «ЦНИГРИ»

Иванов Анатолий Иннокентьевич
a.ivanov@tsnigri.ru

GOLD DEPOSITS WITHIN CARBONACEOUS TERRIGENOUS AND CARBONATE TERRIGENOUS COMPLEXES AND PROSPECTS OF DISCOVERING NEW SUCH DEPOSITS IN THE RUSSIAN FEDERATION

FSUE TsNIGRI

A.I.Ivanov

Рассмотрена роль ФГУП «ЦНИГРИ» в изучении закономерностей формирования золоторудных месторождений в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах, создании прогнозно-поисковых моделей и прогнозно-поисковых комплексов. Характеризуются новые направления по совершенствованию подходов к исследованию таких месторождений, в том числе крупнообъемных, и их переоценке. Приводятся новые данные по стадийности золотого рудообразования, обстановкам формирования разноранговых месторождений, а также новые методические подходы к их поискам и оценке.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, углеродистые терригенные и карбонатно-терригенные комплексы, переоценка месторождений, стадийность рудообразования, обстановки формирования, разноранговые месторождения, прогноз и поиски.

The role of FSUE TsNIGRI in the study of formative regularities inherent in gold deposits localized within carbonaceous terrigenous and carbonate terrigenous complexes, as well as in the development of forecast and exploration models and systems is considered. New directions in improvement of the approaches to the studying and reappraisal of such deposits, including the high tonnage – low grade objects, are defined. New data on evolution of the gold ore deposition and formative environments typical of deposits of various rank, as well as new exploration and evaluation methodologies are discussed.

Key words: gold deposits, carbonaceous terrigenous and carbonate terrigenous complexes, deposit reappraisal, evolution of the gold ore deposition, formative settings, deposits of various rank, forecast and exploration.

После открытия в 50-х годах XX в. в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах крупных золоторудных месторождений Нежданинское (1951 г., с 1975 г. – опыт-

ное производство), Бакырчик (1953 г., с 1955 г. – отработка окисленных руд), Мурунтау (1958 г., с 1969 г. – добыча) с преобладающим прожилково-вкрапленным типом оруденения стала очевид-

ной необходимость поисковых работ на выявление подобных объектов на других территориях в пределах СССР. До их открытия ведущим в золотодобыче был кварцево-жильный тип руд.

Месторождения золота в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах изучались многими геологами, среди которых были и сотрудники ЦНИГРИ – Н.И.Бородаевский, В.А.Нарсеев, В.М.Яновский, В.Н.Сорокин, В.Б.Чекваидзе, Н.А.Фогельман, П.Ф.Иванкин, Ч.Х.Арифуров, Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов и др. Рекомендации сотрудников института на постановку поисковых работ в разных регионах страны на прожилково-вкрапленное золотое оруденение имели важное практическое значение. Так, в Ленской золотоносной провинции комплексные геологические исследования, включая составление геологических карт масштабов 1:100 000 и 1:200 000, проводили Ю.П.Казакевич, Т.П.Жаднова, С.Д.Шер, А.А.Стороженко, А.К.Кондратенко и др. [27]. В 1959–1963 гг. при поисково-оценочных работах на Сухоложском рудном поле (В.А.Буряк, Н.П.Попов и др.) открыто месторождение Сухой Лог. Было установлено, что концентрации золота представляют промышленный интерес и связаны с прожилково-вкрапленной кварц-сульфидной минерализацией в углеродистых сланцах. В 1967–1970 гг. на месторождении проведена предварительная разведка, в 1971–1977 гг. – детальная (Н.П.Попов и др.), в результате которой утверждены запасы категорий $B+C_1+C_2$.

В 1972 г. обнаружено месторождение Майское, с 2013 г. отрабатываемое ОАО «Полиметалл»; в 1975 г. – Олимпиадинское, на котором в 1985 г. началась добыча золота из окисленных руд; в 1978 г. – Кумтор (в 1989 г. подготовлено ТЭО разработки, в 1997 г. компания Centerra Gold Ltd начала отработку).

В 70–80-е годы изучение геологического строения и условий формирования золоторудных полей и месторождений в углеродисто-терригенных толщах в ЦНИГРИ резко усилилось. В результате на основании собственных материалов и обобщения данных других организаций сотрудниками института опубликован ряд работ [1, 2, 4, 9, 10, 22–26, 29–31, 36, 38, 40–42, 46, 49–51]. Показано, что прожилково-вкрапленное и вкрапленное оруденение – самостоятельный тип, а не околожильный, как считали многие геологи. Приведены характеристики этой группы месторождений, определена формационная принадлежность основных типов оруденения, охарактеризованы

золото-сульфидная, золото-кварц-сульфидная, золото-сульфидно-кварцевая, золото-кварцевая, золото-антимонитовая рудные формации. Установлены основные закономерности рудообразования – структурные особенности золотоносных провинций и районов, типы рудных полей.

Важными представляются исследования для выработки критериев локализации рудных залежей. К ним относятся выделение зон рудовмещающих деформаций как долгоживущих структур, контролирующих предрудные и рудные процессы; выявление полихронности рудообразования и общей стадийности формирования золоторудных месторождений. Показаны первоначальное (вероятное) накопление золотосодержащих углеродистых осадков, их диагенетическое и раннее метаморфическое преобразование, последующая переработка при региональном метаморфизме и гранитообразовании.

В итоге установлены основные закономерности формирования золоторудных месторождений в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах, определены критерии их прогноза и поисков – региональные (тектонический, магматический, литолого-фациальный и др.) и локальные (структурный, магматический, литологический, гидротермально-метасоматический, геохимический, геофизический, минералогический). Они послужили основанием создания прогнозно-поисковых комплексов (ППК) для золотоносных провинций, металлогенических зон и подзон, рудных районов и рудных полей, а также разработки структурно-морфологических моделей месторождений различных геолого-промышленных типов.

Интенсификация геологоразведочных работ в 80-е–2000-е годы на прожилково-вкрапленное и вкрапленное оруденение в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных толщах привела к открытию крупных и средних по запасам месторождений в Ленской золотоносной провинции (Вернинское, Невское, Чертово Кoryто, Высочайшее), на Енисейском кряже (Ведугинское, Благодатное и др.), в Яно-Колымской провинции (Кючус, Декдекан, Дrajное и др.) и других регионах.

За последние 10–15 лет геологами ЦНИГРИ проделана большая работа по переоценке месторождений рудного золота в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных толщах. Яркий

пример – переоценка месторождения Сухой Лог в Бодайбинском рудном районе. В связи с исторически сложившейся последовательностью изучения оно было «расчленено» на четыре рудных объекта: собственно Сухоложское месторождение, запасы которого защищены в 1977 г. (Н.П.Попов и др.), Северо-Западное рудное тело (Г.Н.Кочнев и др., 1979 г.), зону Центральную (В.Н.Глазков и др., 1992 г.) и месторождение Западное (В.А.Бобров и др., 2001 г.). Работы института по переоценке месторождения Сухой Лог, завершенные в 2007 г. (И.А.Карпенко и др.), показали, что фактически все четыре объекта являются частями единого месторождения, и все они локализованы в одной минерализованной зоне [8, 21, 32].

Предыдущими исследователями потенциальная золотоносность оценивалась по наличию, концентрации и формам нахождения в породе сульфидов (пирита). Нижним пределом потенциальной золотоносности считалось содержание сульфидов в породе 0,5%, определявшееся визуально. Опробование керн скважин осуществлялось при содержаниях сульфидов выше этого предела. При переоценке месторождения Сухой Лог критерием наличия и интенсивности проявления золотой минерализации принято бортовое содержание Au, которое составляло при выделении минерализованных зон и убогих руд в их пределах 0,2 г/т, рудных зон и бедных руд в границах рудной зоны 0,5 г/т, рядовых руд в контуре бедных руд в границах рудной зоны 1,5 г/т (1,2 г/т – для отработки подземным способом).

Возможность переработки рядовых, бедных, а также убогих руд обоснована положительными результатами технологических исследований с применением предварительного обогащения методами фотометрической сепарации. В результате установлено, что суммарная мощность минерализованных пород в центральной части месторождения Сухой Лог колеблется от 200 до 260 м. Интенсивность выделенной по данным опробования золотой минерализации, масштаб, формы ее проявления и в определенной степени минеральный состав отличаются в разных частях разреза, подчиняясь проявлениям структурного (тектонического) и литологического контроля. При наложении этих двух видов контроля оруденения формируются интенсивно минерализованные участки – рудные зоны – с наиболее

высокими концентрациями золота, которые на месторождении Сухой Лог надежно оконтуриваются по бортовому содержанию Au 0,5 г/т (Главная рудная зона), а их центральные части, сопряженные с осевой плоскостью складки и наиболее интенсивно выраженной зоной смятия – по бортовому содержанию Au 1,5 (1,2) г/т, представляя собой рудные столбы специфического строения. Общая средняя мощность Главной рудной зоны 98 м, в том числе рядовых руд – 29,57 м.

В результате переоценки месторождения Сухой Лог балансовые запасы металла значительно возросли и составили (категории В, С₁ и С₂) 1953 т, забалансовые – 799 т, в сумме – 2752 т. Впервые поставлено на баланс 1541 т серебра.

В аналогичных исследованиях сотрудники ЦНИГРИ участвовали и в Яно-Колымской провинции, где ранее известные золото-кварцевые месторождения Наталка, Омчак, Павлик относились к линейным штокверкам. Так, на месторождении Наталка ранее было выявлено более 100 рудных зон. Под руководством Б.К.Михайлова [33–35], в том числе с участием сотрудников ЦНИГРИ (С.Ф.Стружков), была обоснована перспективность выявления крупнообъемных золоторудных месторождений в Магаданской области, в том числе целесообразность переоценки Наталкинского месторождения как крупнообъемного объекта. При научно-методическом сопровождении ЦНИГРИ (С.Ф.Стружков и др.) ОАО «Рудник им. Матросова» в 2004–2006 гг. проведена доразведка месторождения и показано, что при снижении бортового содержания Au до 0,4 г/т ранее разведанные и эксплуатируемые рудные тела и зоны объединяются в единую рудную залежь. Рудная залежь представляет собой минерализованную блок-пластину генерального северо-восточного падения, пронизанную сетью кварцевых жил, участками брекчирования, разноориентированными кварцевыми прожилками. Установлена отчетливая вертикальная морфологическая зональность рудной залежи: в верхней части месторождения зоны прожилковой минерализации содержат мощные (до 1–2 м) стволые жилы существенно кварцевого состава, тогда как начиная с горизонта 600 м и глубже рудная залежь практически целиком представлена штокверком тонких, в том числе микроскопических, сульфидно-кварцевых прожилков. В результате переоценки месторождения (балансовые запасы Au до переоценки составляли 245 т) при бортовом

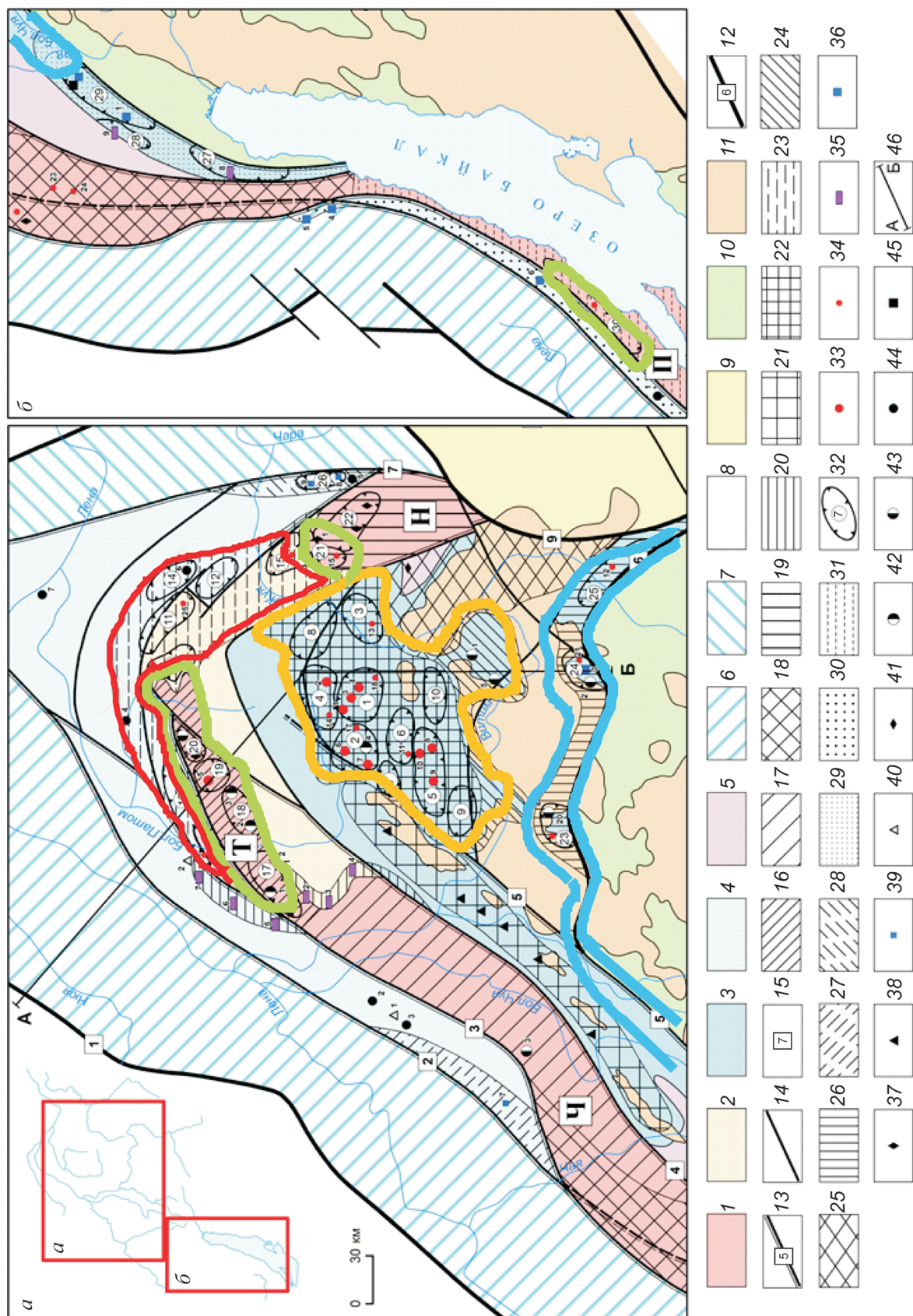


Рис. 1. Схема основных структурных элементов и металлогенического районирования северной (а) и юго-западной (б) частей Байкало-Патомской золоторудной провинции:

Чуйско-Нечерский антиклинорий: 1 – выступы дорифейского фундамента (Н – Нечерский, Т – Тонодский, Ч – Чуйский, П – Прибайкальский), 2 – часть антиклинория с фундаментом, перекрытым рифейскими отложениями; синклиналии: 3 – Мамско-Бодайбинский, 4 – Байкало-Патомский; 5 – выходы образований дорифейского фундамента в краевых частях синклиналиев; *Сибирская платформа:* зоны линейных складок, сформированные в краевой («шельфовой») части пассивной континентальной окраины: 6 – Приленская, 7 – Причарская; 8 – слабо деформированная в рифей-вендское время часть Сибирской платформы; 9 – дорифейские образования Алданского щита и Становой зоны; 10 – разновозрастные образования Байкало-Муйского пояса; 11 – позднепалеозойские гранитоиды (Ангаро-Витимский батолит); 12 – главные разломы, разделяющие крупные литосферные блоки; *главные внутриблоковые разломы:* 13 – сформированные на стадии седиментации и активизированные на всех последующих этапах, 14 – сформированные при линейной складчатости и активизированные на последующих этапах; 15 – номера разломов (1 – Ленско-Нюйский, 2 – Ачиткано-Джербинский, 3 – Алектано-Мало-Туюканский, 4 – Чуйский, 5 – Абчадский, 6 – Право-Мамаканский, 7 – Жуинский, 8 – Чарский, 9 – Ничатский); *рудные районы:* 16 – Тонодский уран-оловянно-вольфрамово-золотой, 17 – Чуйский железо-уран-вольфрамовый, 18 – Ачитканский уран-вольфрамово-золотой, 19 – Нечерский молибден-уран-золотой, 20 – Витимский железорудный, 21 – Мамский слюдоносный, 22 – Бодайбинский оловянно-вольфрамово-золотой, 23 – Патомо-Нечерский золотосносный, 24 – Синюгинский оловянно-вольфрамово-золотой, 25 – Нечеро-Жуинский редкометально-редкоземельно-слюдоносный, 26 – Додыхтинско-Уряхский оловянно-вольфрамово-золотой, 27 – Мало-Чуйский свинцово-цинково-фосфорито-магнетитовый, 28 – Джербинский свинцово-цинковый, 29 – Олоkitский свинцово-цинково-железорудный, 30 – Прибайкальский свинцово-цинковый, 31 – Верхне-Ленский ураново-золотой; 32 – *рудные узлы* (1 – Кропоткинский, 2 – Мараканский, 3 – Тунгусский, 4 – Хомолхинский, 5 – Артемовский, 6 – Верхне-Аунаkitский, 7 – Томиловский, 8 – Кулибриянский, 9 – Бодайбоканский, 10 – Энгажиминский, 11 – Нирундинский, 12 – Молвинский, 13 – Больше-Таймендринский, 14 – Валюхтинский, 15 – Баллаганахский, 16 – Туюкано-Илигирский, 17 – Туюканский, 18 – Хайвергинский, 19 – Кеваkitский, 20 – Челонченский, 21 – Бульбухтинский, 22 – Ствотахский, 23 – Додыхтинский, 24 – Чаяндринский, 25 – Уряхский, 26 – Бестахский, 27 – Тыйский, 28 – Абчадский, 29 – Холоднинский, 30 – Миндей-Кулькунтинский); 33 – *промышленные месторождения золота* (1 – Сухой Лог, 2 – Высочайшее, 3 – Вернинское, 4 – Невское, 5 – Чертово Корыто, 6 – Ожерелье, 7 – Ыканское, 8 – Копыловское, 9 – Кавказ, 10 – Догадлынская Жила); 34 – *разведываемые месторождения золота* (11 – Красное, 12 – Уряхское, 13 – Светловское, 14 – Верхне-Угаханское, 15 – Ходоканское), *в разной степени изученные рудопроявления* (16 – Гольцовое, 17 – Ровнинское, 18 – Атырканское, 19 – Георгиевское, 20 – Пальчи, 21 – Джелагунское, Догадлынное, 22 – Мало-Миндейское); 35 – *перспективные рудопроявления железистых кварцитов* (1 – Язовское, 2 – Гремучее, 3 – Сухое, 4 – Максимихинское, 5 – Чистое, 6 – Быстринское, 7 – Мало-Туюканское Витимского железорудного района, 8 – Абчадского, 9 – Тыйского рудных узлов); 36 – *промышленные месторождения и перспективные рудопроявления свинца и цинка* (1 – Холоднинское, 2 – Овгольское, 3 – Среднее, 4 – Таборное, 5 – Луговое, 6 – Ново-Анайское); 37 – *месторождения и рудопроявления урана* (1 – Чепок, 2 – Туюканское); 38 – *месторождения слюды-мусковита; рудопроявления слабо изученные:* 39 – свинца и цинка (7 – Одинокое, 8 – Бестяк, 9 – Оттах), 40 – магнетита (1 – Малочуйское, 2 – Малотуюканское), 41 – ниобий-фосфор-редкоземельные (Атычакское, Усть-Бираинское), 42 – олова (1 – Находка, 2 – Сентябрьское, 3 – Серебристое, 4 – Юдовое), 43 – вольфрама (1 – Кварцевое, 2 – Догадлынное, 3 – Марининское, 4 – Яковлевское, 5 – Синюгинское); 44 – фосфоритов (1 – Сарминское, 2 – Межежевское, 3 – Мало-Калайское, 4 – Челонченское, 5 – Бестякское, 6 – Молвинское, 7 – Урикское); 45 – меди и никеля (с МПГ); 46 – линия разреза; остальные усл. обозн. см. рис. 2

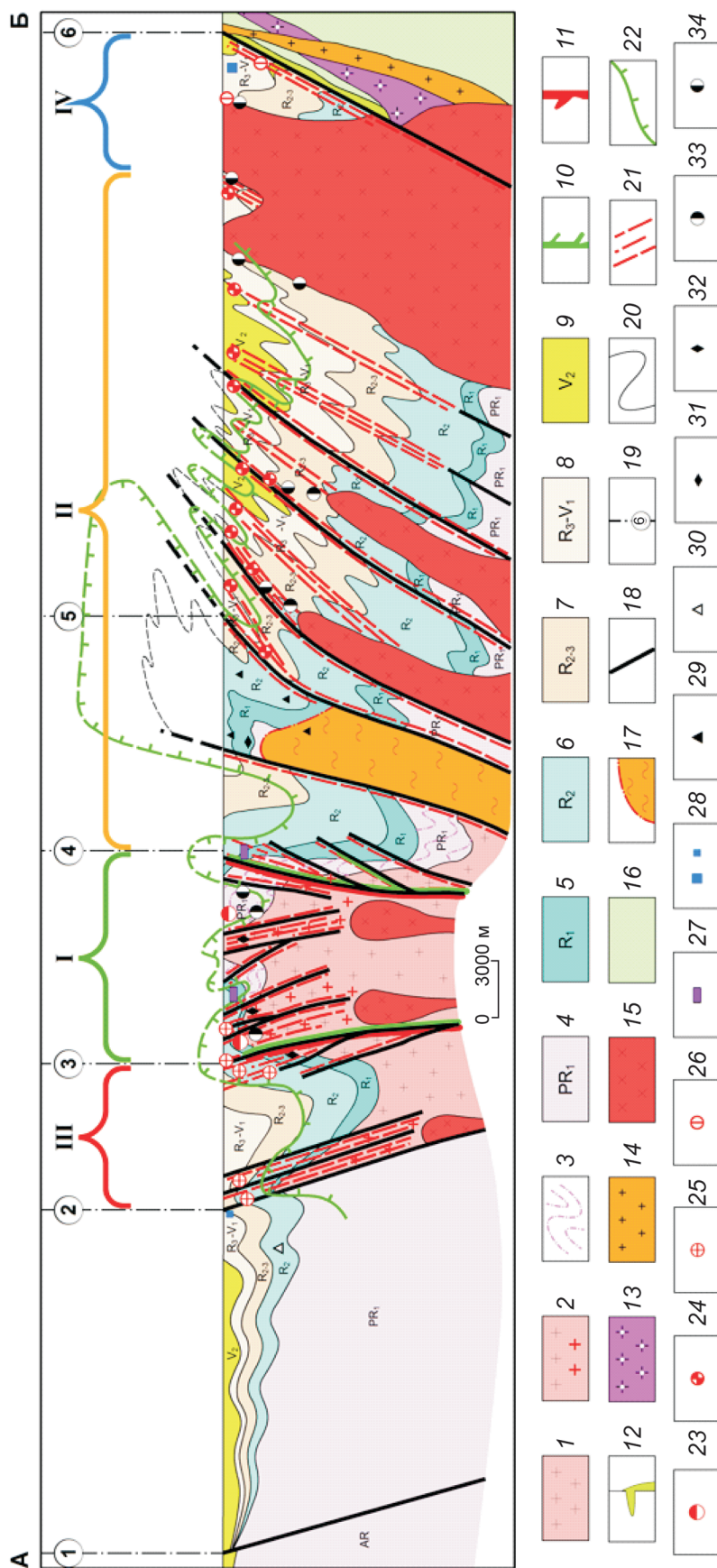


Рис. 2. Модель рифейско-позднепалеозойского рудообразования:

образования раннепротерозойского фундамента: 1 – гранитоиды, 2 – гранитоиды, реоморфизованные в позднем палеозое, 3 – осадочно-метаморфические, 4 – нерасчленившиеся; отложения рифея: 5 – раннего, 6 – среднего, 7 – средне-верхнего; 8 – позднерифейско-раннепалеозойские отложения; 9 – верхнепалеозойские отложения; породы магматических комплексов: 10 – базиты довырвского и муйского, 12 – базиты довырвского и муйского, 13 – гранитоиды муйского, 14 – граниты лесного и маляковского, 15 – гранитоиды конкундеро-мамаканского; 16 – разновозрастные образования Байкало-Муйского пояса; 17 – интенсивно гранитизированные образования; главные внутриблоковые разломы: 18 – сформировавшиеся на стадии седиментации и активизировавшиеся на всех последующих этапах, 19 – сформированные при линейной складчатости и активизировавшиеся на последующих этапах (номера разломов см. рис. 1); 20 – геологические границы (пунктиром – предполагаемые выше уровня земной поверхности); 21 – зоны расщепления этапа линейной складчатости с проявлением золотоносного бурошаплатового метасоматоза, активизировавшиеся при региональном метаморфизме и на сингранитном (конкундеро-мамаканский) этапе; 22 – изографа биотита регионального метаморфизма (пунктиром – предполагаемая выше уровня земной поверхности); месторождения, рудопроявления золота: 23 – Кевактинская, 24 – Бодайбинская, 25 – Дальнебайтинская, 26 – Додыхтинско-Урахская обстановка; месторождения, перспективные рудопроявления: 27 – железистых кварцитов, 28 – свинца, цинка, 29 – слюды мусковита, 30 – магнетита, 31 – ниобий-фосфор-редкометаллы, 32 – урана, 33 – олова, 34 – вольфрама; цветными скобками над разрезом и римскими цифрами, а также контурами того же цвета на рис. 1 обозначены структурно-вещественные обстановки формирования золоторудных объектов: I – складчато-разрывных пограничных (фундамент – чехол) комплексов (Кевактинская), II – линейных складчато-разрывных комплексов (Бодайбинская), III – линейных складчатых комплексов (Дальнебайтинская), IV – складчато-разрывных «пришовных» комплексов (Додыхтинско-Урахская)

содержании 0,4 г/т балансовые запасы Au (категории В, С₁ и С₂) увеличились до 1521 т, забалансовые – составили 121 т.

В последние годы в ЦНИГРИ продолжается изучение золоторудных месторождений в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах ряда регионов в целях актуализации и уточнения прогнозно-поисковых моделей формирования таких объектов и прогнозно-поисковых комплексов, в том числе с разработкой новых методических приемов поисков в сложных ландшафтных условиях. Это можно проиллюстрировать на материалах по Байкало-Патомской металлогенической провинции (БППр), где многие годы направление геологоразведочных работ определяла идея В.А.Буряка, относившего золотое оруденение района к метаморфогенно-гидротермальному типу. Согласно его точке зрения, золото мобилизовывалось из пород при гранитизации с накоплением в палингенном расплаве, из которого с метаморфогенными гидротермами мигрировало из зон высокого метаморфизма в зону их разгрузки – зеленосланцевую фацию. К началу 90-х годов XX в. практически все перспективные участки в пределах зон низкого метаморфизма с признаками оруденения по геохимическим или геологическим данным были опоискованы, и новые золоторудные месторождения прогнозировались только вблизи (на флангах) известных объектов.

Площади развития более интенсивно метаморфизованных (за изоградами биотита и граната) пород (бассейны золотоносных рек Маракан, Тунгуска, Артемовский, Веселяевский, Средний Маракан, Мустах и др.), а также участки с низким метаморфизмом пород – бассейны рек Накатами, Энгажимо и др., где стандартными методами не были установлены поисковые признаки золотого оруденения (из-за «закрытых» ландшафтов), исключены из прогнозной оценки.

Анализ имеющихся и новых материалов по золотоносности региона (рис. 1) позволил доказать полихронность и полигенность оруденения, обосновать роль каждого этапа формирования золоторудной минерализации в образовании месторождений, выделить структурно-вещественные обстановки локализации рудных залежей, показать их общие черты и различие, определить основные рудоконтролирующие процессы, влияющие на масштабы месторождений, разработать методику поисков месторождений рудного золота в сложных ландшафтных условиях [7, 11–20]. В ито-

ге сделан благоприятный прогноз на поиск промышленных золоторудных объектов на ряде территорий, считавшихся бесперспективными. Геологоразведочные работы на нескольких выделенных участках привели к выявлению месторождений рудного золота Ожерелье и Ыканское (2004 г.), а также рудопроявлений в рудных полях (на Светловском – Дорожное, Северное, Дальнее, 2009 г.; в северной части Кропоткинского – Верхне-Угаханское и Широкое, 2010 г.; на Атыркан-Кудускитском – Атырканское и Кудускитское, 2012 г.).

В настоящее время ЦНИГРИ продолжает изучение Светловского и Атыркан-Кудускитского рудных полей, а также выделенных новых перспективных участков в пределах южной части Бодайбинского рудного района. ОАО «Высочайший» завершило разведочные работы на месторождениях Ыканское, Ожерелье, рудопроявлении Верхне-Угаханское (месторождение Угахан). На первых двух проводятся эксплуатационные работы, на Угаханском строится ГОК с годовой производительностью 2,6 млн т руды.

Основные новые положения по закономерностям золотого рудообразования, прогнозированию перспективных участков, поисковым работам в пределах Байкало-Патомской металлогенической провинции сводятся к следующему.

Полигенность и полихронность рудообразования. Обосновано проявление четырех этапов рудообразования: седиментационного, формирования рудоконтролирующих зон расланцевания при линейном складкообразовании, метаморфогенного преобразования золотоносных пород и сингранитного завершающего. Первый и четвертый этапы рассматривались ранее в работах геологов ЦНИГРИ [40 и др.] и других исследователей, второй и третий выделены с учетом новых данных.

Седиментационный этап. В последние годы по БППр появились фактические данные о формировании сульфидного материала при седиментации в высокоуглеродистых породах бузуйхтинской, анагской и догалдынской свит соответственно в пределах Верхне-Угаханского, Верхне-Безымянковского и Кудускитского рудопроявлений [14]. На Верхне-Угаханском рудопроявлении сульфидная минерализация представлена пирротином, отмечаемым в песчаных прослоях в виде обильной вкрапленности или образующим почти мономинеральные слои мощностью до 1–3 см. Сингенетичный характер сульфидной

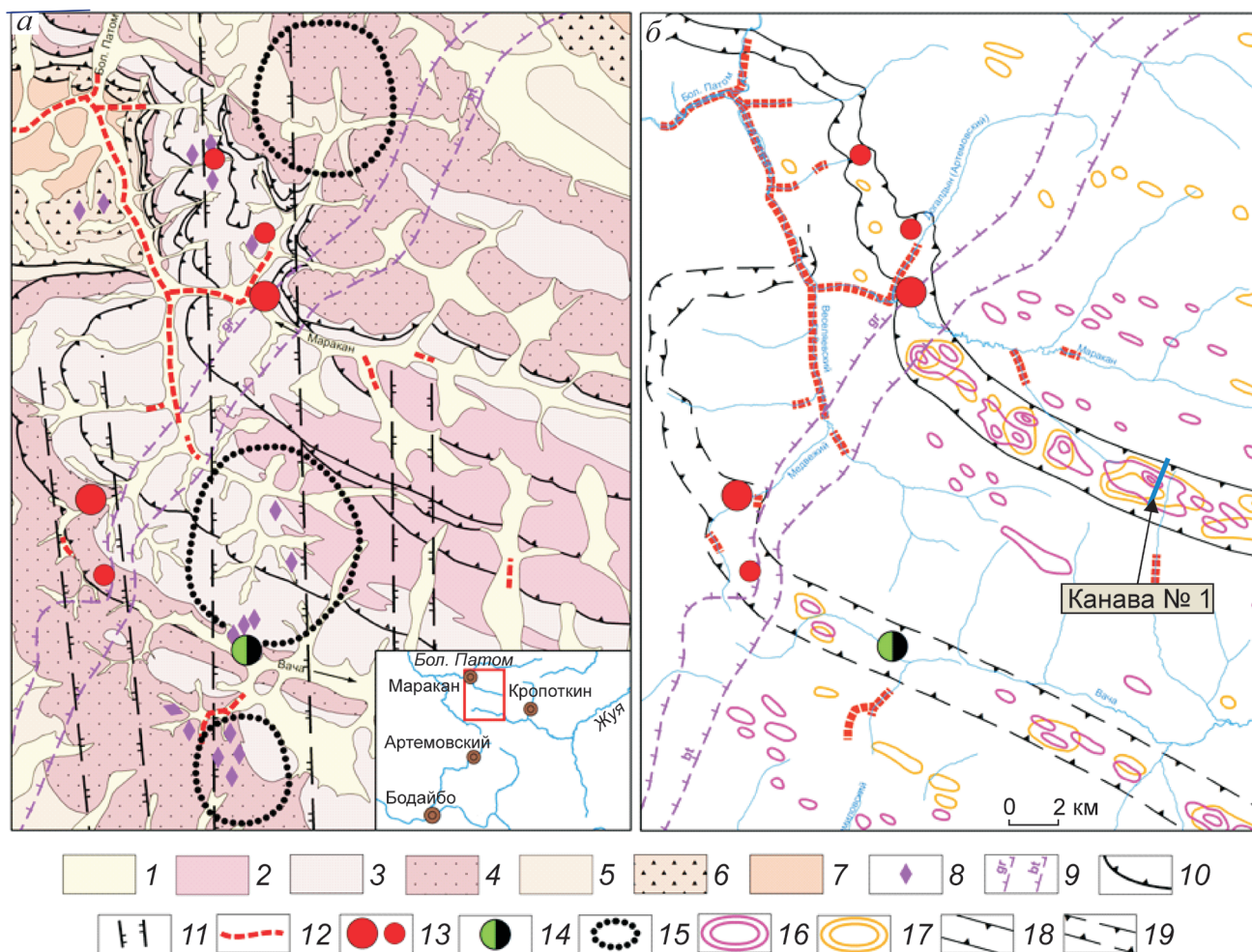


Рис. 3. Геологическая карта (а) и схема распределения вторичных ореолов рассеяния Au и As (б) в пределах Мараканского рудного узла:

1 – четвертичные аллювиальные отложения; вендская бодайбинская серия: 2 – илигирская, 3 – анангрская, догалдынская, 4 – аунакитская, вачская свиты; средне-верхнерифейская ныгринская серия: 5 – хомолхинская, имняхская, 6 – бужуихтинская, угаханская свиты; 7 – среднерифейская баллаганахская серия (бугорихтинская и бодайбокская свиты); 8 – дайки гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса; 9 – изограны граната и биотита регионального метаморфизма; 10 – основные надвиги и взбросы, синхронные линейной складчатости; 11 – субмеридиональные зоны наиболее интенсивной сингранитной гидротермально-метасоматической переработки; 12 – промышленные россыпи золота; 13 – золоторудные месторождения, перспективные проявления; 14 – рудопоявление олова Юдовое; 15 – надынрузивные зоны нескрытых гранитных интрузий, выделенные по геолого-геофизическим данным; изолинии содержаний металлов по материалам опробования вторичных ореолов рассеяния: 16 – Au (0,003–0,1–1,0 г/т), 17 – As (0,004–0,01%); рудоконтролирующие структуры: 18 – Ровнинская, 19 – Вачская

минерализации доказываем ее участием в строении стратификационных текстур – косой, волнистой и параллельной слоистости. В ряде случаев установлена деформация пирротинных слоев с образованием подводно-оползневых

текстур. На Верхне-Безымянковском и Кудускитском рудопоявлениях сингенетичная минерализация представлена тонкозернистым пиритом, который участвует в строении косослоистых и параллельно-слоистых серий. Ни пробирным,

ни спектральным анализами золотоносность сульфидных сингенетических образований не выявлена, что, возможно, связано с недостаточной чувствительностью анализов. Отметим, что процесс обогащения углеродистых глинистых толщ провинции золотом при осадконакоплении мало изучен. Однако учитывая широкое проявление сингенетической сульфидной и золотой минерализации в черносланцевых толщах, слагающих практически весь рифейско-вендский разрез, а также геохимические материалы по другим регионам и современному осадконакоплению в океанах [3, 4, 24, 37, 40, 44, 45 и др.], принципиально важно выделять этот этап накопления сульфидных минералов (и, возможно, золота).

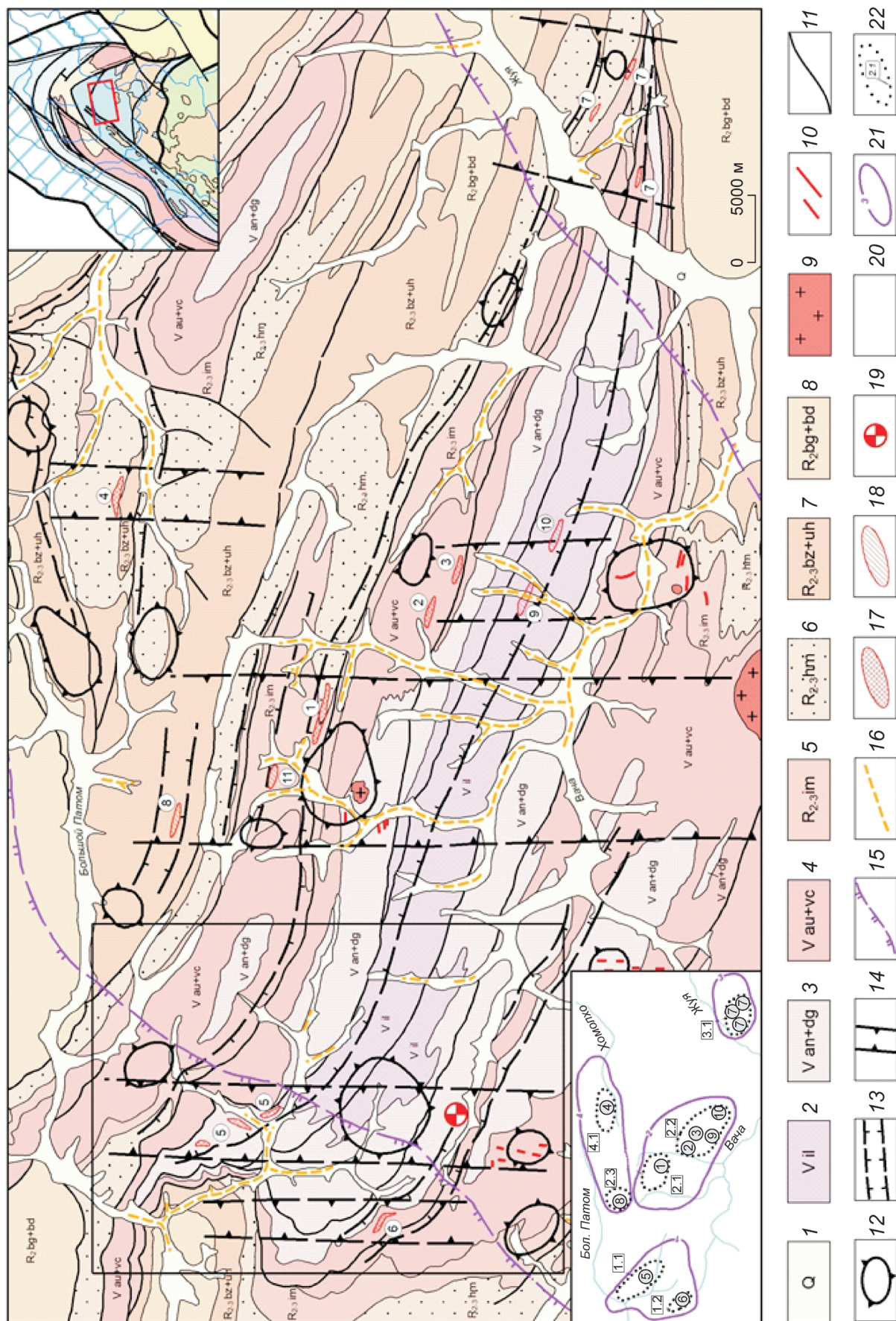
Этап формирования рудоконтролирующих зон рассланцевания. Основные рудоконтролирующие разломные структуры сформировались на заключительных этапах линейного складкообразования рифейско-вендских отложений (начально-коллизийный этап). Они представляют собой субсогласные с простираем пород зоны рассланцевания с проявлением интенсивных метасоматических процессов – железо-магнезиальной карбонатизации (буропатизации) (рис. 2). Бурый шпат отличается повышенным содержанием тонкодисперсного золота, которое при выщелачивании образует солевые ореолы (в ассоциации с мышьяком и другими элементами), обнаруживаемые литохимическим опробованием по вторичным ореолам рассеяния (рис. 3). Изучение Ровнинской рудоконтролирующей зоны рассланцевания в канаве 1 (см. рис. 3) показало, что буропатизированные песчаники (до 25–40% по объему) по данным опробования по вторичным ореолам рассеяния, а также точечным пробам характеризуются повышенной золотоносностью и резко аномальными содержаниями мышьяка в сравнении с небуропатизированными [14, 15]. Имеющиеся материалы в целом по региону позволяют сделать вывод о том, что буропатизация в рудоконтролирующих зонах рассланцевания – основной рудноподготовительный процесс. Именно в пределах таких обогащенных золотом зон рассланцевания и буропатизации при последующих преобразованиях могут формироваться месторождения золота.

Этап метаморфогенного преобразования золотоносных пород. Продолжение коллизийных процессов после линейного складкообразования привело к возникновению зон гранитизации,

формированию гранитогнейсовых куполов, проявлению купольной складчатости, регионально-метаморфическим преобразованиям пород [7, 12, 20 и др.]. При этом во фронтальных частях гранитогнейсовых куполов активизировались складчатые зоны рассланцевания с золотоносной буропатовой и сульфидной минерализацией (см. рис. 2). Установлено (Л.И.Салоп, Б.В.Петров, В.А.Макрыгина и др.), что при региональном метаморфизме (уже на изограде биотита) происходили практически полное метаморфическое преобразование бурых шпатов и переход пирита в пирротин [7, 14 и др.]. В бассейне р. Маракан (см. рис. 3) пробы по вторичным ореолам рассеяния с повышенными содержаниями золота и мышьяка, отобранные традиционным способом с глубины 30 см, трассируют рудоконтролирующие зоны рассланцевания с интенсивной синскладчатой (дометаморфической) золотоносной буропатизацией [11–15, 17]. На участках более метаморфизованных пород (за изоградой биотита) ореолы золота и мышьяка исчезают, создавая эффект «потери» рудоконтролирующих структур (см. рис. 3). Но в действительности зоны продолжают и в области высокого метаморфизма. Именно здесь выявлены месторождения Ожерелье и Ыканское. Рудоносные структуры трассируются шлиховыми ореолами золота, выявленными опробованием из шурфов с глубины не менее 1 м. Вторичные ореолы рассеяния золота и мышьяка по пробам, отобранным с такой же глубины, также позволяют проследить минерализованные зоны. Одновременно в речных долинах появляются россыпи золота.

Этот феномен свидетельствует о том, что в золотоносных бурых шпатах при минеральных превращениях субмикроскопическое золото укрупнялось и выделялось в свободном состоянии [14]. Укрупненное самородное золото за счет гравитации «просаживается» в делювии на глубину не менее 0,7–1,0 м [12, 14, 16] и не улавливается при стандартном поверхностном опробовании. Процесс преобразования золотоносных бурых шпатов с высвобождением золота в самородном виде и его укрупнением в регионально-метаморфический этап при активизации зон рассланцевания происходил на периферии гранитогнейсовых куполов и в тех участках, где PT условия соответствовали зоне хлорита [14].

Завершающий этап формирования месторождений золота. Позднеколлизийное развитие региона, связанное с внедрением



позднепалеозойских гранитоидов и формированием реоморфизованных гранитных куполов в раннепротерозойских гранитоидах, завершилось формированием золоторудных месторождений. Их образование после регионального метаморфизма пород установлено на примере месторождений Ыканское и Ожерелье, а также рудных зон Светловского рудного поля, рудные тела которых располагаются в зонах диафтореза среди отложений, метаморфизованных в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. Они локализованы в сформированных при линейной складчатости золотоносных зонах расщепления и бурошпатизации, активизированных в сингранитный этап. В возникших при этом зонах диафтореза ярко проявлены мусковитизация, серицитизация, окварцевание, развиты новообразованные пирит, сидерит, анкерит и исчезают все высокотемпературные минералы. Наиболее интенсивно рудоносные процессы этого этапа протекают в узлах пересечения рудоконтролирующих золотоносных зон расщепления и секущих сингранитных разломов (рис. 4; см. рис. 3) в тех частях надынгузивных областей, где температурные условия, соответствующие зо-

не хлорита, благоприятствовали концентрации золота. Гидротермально-метасоматическая переработка обогащенных золотом пород, в связи с внедрением гранитоидных комплексов, сопровождалась дополнительным его привнесом в надынгузивно-околоингузивные и надкупольно-околокупольные зоны [12, 14].

В более высокотемпературных условиях надынгузивно-околоингузивных зон формировалось оловянное, вольфрамовое, висмутовое (в том числе с золотом) оруденение, сопровождающееся высокотемпературными процессами турмалинизации, грейзенизации [7, 14].

Максимальные концентрации золота отмечены в тех структурно-вещественных комплексах, где проявлены все этапы рудонакопления, а масштабы их зависят от интенсивности сопутствующих процессов.

В последние годы на основании общего геологического анализа и геохронологических данных вывод о длительности формирования золотого оруденения региона сделан многими исследователями [3, 5, 6, 28, 37, 39, 43, 47, 48].

Обстановки формирования золотого оруденения. Различие обстановок формирования золо-

Рис. 4. Схематизированная геологическая карта и карта полезных ископаемых северной части Бодайбинского рудного района:

1 – четвертичные отложения; *вендские свиты*: 2 – илигирская (сланцы углеродистые, прослои песчаников углеродистых, иногда известковистых), 3 – анангская и догалдынская (песчаники полимиктовые и аркозовые, иногда известковистые, прослои сланцев углеродистых и слабоуглеродистых), 4 – аунакитская и вачская (сланцы высокоуглеродистые, прослои песчаников кварцевых углеродистых); *средне-верхнерифейские свиты*: 5 – имнянская (известняки, карбонатно-слюдистые алевролиты, сланцы, песчаники), 6 – хомолхинская (сланцы и метаалевролиты углеродистые, в средней части прослои кварцевых песчаников), 7 – бужуихтинская и угаханская (сланцы углеродистые в переслаивании с песчаниками, в верхней части с известняками); 8 – среднерифейские бугорихтинская и бодайбокская свиты (песчаники полимиктовые, прослои сланцев углеродистых, в верхней части известняки с прослоями сланцев углеродистых); *граниты конкудеро-мамаканского комплекса*: 9 – массивы биотитовых гранитов, 10 – дайки гранит-порфиров; 11 – основные разломы (надвиги, взбросы); 12 – контур надынгузивных зон над не вскрытыми эрозией гранитными интрузиями на глубине ~3 км (по геолого-геофизическим данным); 13 – продольные рудоконтролирующие (для золотого оруденения) зоны расщепления и складчато-разрывных деформаций; 14 – сингранитные зоны поперечных деформаций над разломами фундамента; 15 – изографа биотита регионального метаморфизма; 16 – основные промышленные россыпи золота; 17 – месторождения рудного золота (1 – Сухой Лог, 2 – Вернинское, 3 – Невское, 4 – Высочайшее, 5 – Ожерелье, 6 – Ыканское); 18 – рудные зоны с промышленными параметрами Светловского (7), Верхне-Угаханского (8), Атыркан-Кудускитского (рудопоявления: 9 – Атырканское, 10 – Кудускитское) рудных полей; 19 – рудопоявление олова и вольфрама Юдовое (с Au, Ag, Bi); 20 – контур территории Мараканского участка; *на врезке*: 21 – рудные узлы (1 – Мараканский, 2 – Кропоткинский, 3 – Тунгусский, 4 – Хомолхинский), 22 – рудные поля (1.1 – Ожерелье, 1.2 – Ыканское, 2.1 – Сухоложское, 2.2 – Вернинско-Невское, 2.3 – Верхне-Угаханское, 3.1 – Светловское, 4.1 – гольца Высочайшего)

1. Сравнительная характеристика обстановок формирования золотого оруденения

Признаки	Обстановки			
	Складчато-разрывных пограничных (фундамент - чехол) комплексов	Линейных складчато-разрывных комплексов	Линейных складчатых комплексов	Складчато-разрывных «пришовных» комплексов
1	2	3	4	5
Рудные районы	Тонодский, Нечерский, Верхне-Ленский	Бодайбинский, Синюгинский	Патомо-Нечерский	Додыхтинско-Уряхский
Месторождения и рудопроявления	Чертово Кoryто, Ходоканское, Мало-Миндейское	Сухой Лог, Вернинское, Невское, Высочайшее, Ожерелье, Ыканское и др.	Георгиевское, Петровское	Уряхское, Палычи, Джалагунское, Догалдынское
<i>Элементы различия</i>				
Структурные элементы БППр	Чуйско-Нечерский антиклинорий	Мамско-Бодайбинская зона Мамско-Бодайбинского синклинория	Байкало-Патомский синклинорий и перекрытая рифейскими отложениями часть антиклинория	Додыхтинская и Уряхско-Чаянд-ринская зоны Мамско-Бодайбинского синклинория
Условия (обстановки) R_1 - V осадконакопления	R_1 шельф и грабены (начально-рифтогенный этап)	Континентальный склон	Пришельфовая часть континентального склона	Наиболее отдаленная от береговой линии часть континентального склона, в R_3 и V_2 – «приостроводужная» часть континентального склона
Вмещающие золотое оруденение породы	Углеродистые песчано-сланцевые отложения раннего протерозоя и пурпильской свиты раннего рифея	Углеродистые песчано-сланцевые отложения среднего рифея – венда	Углеродистые песчано-сланцевые отложения среднего рифея – венда	Углеродистые песчано-сланцевые отложения раннего рифея – венда, граниты витимского и конкудеро-мамаканского комплексов
Уровень регионального метаморфизма	Зоны хлорита и биотита	От зоны хлорита с «затеканием» зоны биотита по зонам расщепления до амфиболитовой фации	Зона хлорита	От зоны хлорита до амфиболитовой фации

Продолжение табл. 1				
1	2	3	4	5
Взаимоотношение оруденения с эродированными или скрытыми реоморфизованными массивами дорифейских гранитоидов	Располагаются на периферии реоморфических гранитных куполов	Явных нет	Располагаются в надкупольном пространстве реоморфических гранитных куполов	В ряде случаев располагаются на периферии реоморфических гранитных куполов
Зона «влияния» пограничного Абчадско-Право-Мамаканского разлома		Нет		Максимальное проявление синскладчатых золотоносных гидротермально-метасоматических процессов в участках изгиба разлома
Элементы сходства				
Типы оруденения	Золото-кварцевый, сульфидно-золото-кварцевый, золото-кварц-сульфидный			
Уровень синскладчатого метаморфизма	Зона хлорита			
Наличие синхронных линейной складчатости зон С-флюидного метасоматоза	Интенсивно проявлен – позднерифейские и синхронные линейной складчатости зоны буропататизации	Интенсивно проявлен – синхронные линейной складчатости зоны буропататизации		
Взаимоотношение с интрузиями гранитоидов конклюдеро-мамаканского комплекса	Предполагаются на глубине в корневых частях реоморфических гранитных куполов	Оруденение локализуется в надынтрузивных или «меж-интрузивных» зонах	Предполагаются на глубине нескольких километров в корневых частях реоморфических гранитных куполов	Оруденение локализуется в надынтрузивных, «меж-интрузивных» зонах, апикальных частях массивов
Морфология рудных зон	Сульфидно-кварцевые жильно-прожилковые зоны	Залежи кварц-сульфидные и сульфидно-кварцевые, жильно-прожилковые зоны	Жильно-прожилковые зоны, залежи сульфидно-кварцевые	Жильно-прожилковые зоны, зоны скарнирования и березитизации, кварц-карбонатные метасоматиты
Типы окolorудных процессов	Серицитизация, буропататизация, хлоритизация			
	Серицитизация, буропататизация, хлоритизация			

2. Условия формирования разномасштабных месторождений и рудопроявлений рудного золота в Байкало-Патомской провинции

Этапы золотого рудообразования	Основные рудоконтролирующие геологические образования и процессы	Масштабы объектов		
		Месторождения		Рудопроявления и зоны с бедным оруденением
		крупные	средние и мелкие	
I – консиди-ментационный	Флишеидные углеродистые толщи	Свиты – михайловская, бужуйхтинская, хомолхинская, аунакитская, догалдынская	Все стратиграфические подразделения R_1-V_2 и PR_1	
	Зоны расщепления и бурошпатизации над продольными разломами фундамента	Вертикальная амплитуда разломов фундамента, км		
II – линейного складкообразования	Секущие разломы фундамента	>2–3	0,5–2	>0,5
	Синскладчатый метаморфизм зоны хлорита	Амплитуда перемещений >1–2 км	Амплитуда перемещений <1 км	Слабо выражены
III – регионально-метаморфизма	Периферия гранитоидных структур с активизацией расщепления в рудоконтролирующих зонах бурошпатизации	Характерен		Интенсивность может варьировать
	Активизация зон расщепления с усилением складчато-разрывных деформаций в крупных продольных разломах фундамента или в деформируемом чехле над ними	Ближняя периферия, интенсивная активизация	Отдаленная периферия и слабо проявленная активизация	Может отсутствовать
IV – гранитоидного магматизма	Активизация зон расщепления с усилением складчато-разрывных деформаций в крупных продольных разломах фундамента или в деформируемом чехле над ними	Высокоинтенсивная с образованием зон смятия мощностью до 100–500 м	Интенсивная с мощностью зон смятия до 100 м	Слабо проявлена
	Активизация секущих разломов фундамента, деформирующих линейные складки и контролирующих гранитоидный магматизм и гидротермально-метасоматические процессы	Проявлена в виде значительного искривления осей складок и шарниров, жил и прожилков	Проявлена в виде искривления осей складок и шарниров, иногда прожилков кварца	Проявлена в виде зон трещиноватости
	Периферия надынгузивных зон (в том числе реоморфических гранитных куполов) с проявлением гидротермально-метасоматических процессов	Установлена по геолого-геофизическим данным	Предполагается по геофизическим данным	Отчетливая связь только для объектов в апикальных частях массивов
	Уровень сингранитного метаморфизма	РТ условия зоны хлорита		-

Примечание. Примеры месторождений: крупные – Сухой Лог, Вернинское, Высочайшее (с учетом эродированности), Чертово Копыто (с учетом эродированности), Невское, Верхне-Угаханское, Светловское, Атырканское (потенциальные); средние – Ожерелье, Ыканское, Копыловское, Кавказ, Догаддынская Жила, Ходоканское, и др.

того оруденения БППр обусловлено его приуроченностью к тем или иным стратоемностям (из двенадцати установленных – от раннего протерозоя и раннего рифея до венда включительно), положением в геологической структуре региона, характером проявления процессов складчатости, метаморфизма, гранитообразования и спецификой рудоподготовительного и рудного метасоматоза (см. рис. 1, 2).

Выделение различных обстановок основывается, прежде всего, на следующих особенностях месторождений:

приуроченности к определенным уровням рифейско-вендского разреза, т.е. вмещающим породам особого состава;

расположении в разных структурно-фациальных зонах рифейско-вендского седиментационного этапа (грабен-структуры, различные части шельфа и континентального склона);

положении в основных структурах региона, сформированных в рифейско-палеозойский тектономагматический цикл, – антиклинариях, синклинариях, пограничных «вертикальных» и «горизонтальных» структурах.

По имеющимся данным и степени изученности первостепенная роль в локализации золотого оруденения в силу различных объективных и субъективных причин отводится структурным особенностям (пликативным и разрывным). Они хорошо изучены, классифицированы и закартированы. Другие данные – состав, строение, фациальные условия накопления и геохимические особенности вмещающих золотое оруденение пород – изучены недостаточно. Их роль в рудообразовании, скорее, декларируется, чем аргументируется фактическим материалом – таков путь познания золотоносности региона.

Выявление разных обстановок формирования золотого оруденения позволяет впервые обосновать перспективность значительной территории БППр на открытие промышленных месторождений рудного золота и определить специфику проведения прогнозных и поисковых работ.

В пределах провинции выделены четыре обстановки золотого рудообразования, для которых структурные факторы (складчатость, разрывные нарушения, гранитные купола) являются определяющими (табл. 1; см. рис. 1, 2):

складчато-разрывных пограничных (фундамент – чехол) комплексов (Кевактинская) в по-

родах раннепротерозойского фундамента и нижнерифейских отложениях на периферии реоморфических гранитокупольных структур (Тонодский, Нечерский, Верхне-Ленский рудные районы);

линейных складчато-разрывных комплексов (Бодайбинская) в верхнерифейско-вендских толщах с проявлением регионально-метаморфических, структурно-тектонических и вещественных преобразований на периферии гранитоидных куполов, в надынтрузивных и околоинтрузивных зонах палеозойских гранитных массивов (Бодайбинский и Синюгинский);

линейных складчатых комплексов (Дальнетайгинская) в среднерифейских и средне-верхнерифейских отложениях в надкупольных зонах реоморфических гранитоидных куполов (Патомо-Нечерский);

складчато-разрывных «пришовных» комплексов (Додыхтинско-Уряхская) в среднерифейско-вендских отложениях и позднепалеозойских гранитоидах в зоне деформаций глубинного разлома, разделяющего структуры Байкало-Патомской провинции и Байкало-Муйского пояса (Додыхтинско-Уряхский).

Условия формирования разномасштабных месторождений золота в рифейско-палеозойских породах. Золоторудная минерализация формировалась длительно, на каждом этапе вносился определенный вклад в ее локализацию и концентрирование. Анализ материалов по разноранговому золоторудному месторождению показал, что для формирования промышленных объектов необходимо проявление всех четырех этапов. Масштабы месторождений определяются спецификой и интенсивностью процессов на каждом из них. Непромышленные рудные объекты, зоны с бедным оруденением или рассеянной минерализацией формируются в условиях слабого проявления процессов всех этапов или отсутствия каких-либо из них (табл. 2) [14, 15].

Методика поисков золоторудных месторождений в сложных ландшафтных условиях. Геологоразведочные работы включают ряд стандартных стадий, из них к первоначальным относятся металлогенический анализ геолого-геофизических и геохимических материалов, прогнозирование на их основании территории под поисковые работы и поисковые работы.

Металлогенический анализ и прогнозирование. Приоритетным направлением металлогени-

нического анализа была расшифровка факторов рудоконтроля для каждого этапа рудообразования и их сочетаний. Перспективные на золотое оруденение рудные узлы и поля оконтуривались с учетом наличия рудоконтролирующих синскладчатых зон расланцевания и проявления в последних интенсивных золотоносных метасоматических процессов (железосиликатной карбонатизации и пиритизации). Они устанавливались по комплексу геологических, геофизических, геохимических, космогеологических, геоморфологических и других данных.

Собственно перспективные участки в рудоконтролирующих зонах выделялись в узлах их деформации разломными и купольными структурами регионального метаморфического и сингранитного этапов в пределах благоприятных по литологическому составу пород. Значительная роль отводилась также анализу материалов по россыпной золотоносности (размерность, морфология, пробность, цвет и другие физические особенности золота, линейная продуктивность россыпей, геологическое строение коренного плотика, результаты литохимического опробования по первичным ореолам коренных пород плотика и др.).

Анализ геолого-геофизической и геохимической информации в целях выделения локальных перспективных участков осуществлялся с учетом того, что отрицательные результаты предшествующих поисков рудных объектов на ряде участков могли быть обусловлены, во-первых, плохой обнаженностью территории (и, прежде всего, рудных зон), во-вторых – приоритетом поисковой значимости вторичных ореолов рассеяния, полученных при опробовании поверхности.

Поисковые работы. Необходимость разработки эффективной методики поисков в Бодайбинском рудном районе вызвана тем, что выделенные в результате металлогенического анализа и прогнозной оценки перспективные участки в пределах потенциальных рудоконтролирующих структур в бассейнах рек с высокопродуктивными россыпями золота располагались на территориях с полной или значительной закрытостью склонов и водоразделов и развитием многолетнемерзлых моховых и гумусово-торфяных слоев большой мощности. В таких условиях невозможно проводить качественное литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния, в геологических маршрутах трудно «добыть» какой-либо каменный материал из делювия. Поэтому

предшествующие геологические и геохимические исследования не позволили выявить поисковые признаки золотого оруденения, и эти площади относились к бесперспективным.

Разработанная методика основана на комплексировании известных с древних времен методов и способов изучения делювиально-элювиальных отложений для поисков месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых (золота, касситерита и др.), охарактеризованных во многих учебных пособиях и ряде методических руководств. Она объединяет следующие методы: обломочный (оконтуривание делювиальных свалов рудных тел), копушения, минералогический (+минералого-геохимический), литохимический. Для их применения нужно было обеспечить профильную или площадную обнаженность делювиальных отложений, что и было сделано с помощью горных выработок и скважин.

На начальных стадиях изучения перспективных участков в элювиальных и делювиально-солифлюкционных отложениях проходились шурфы глубиной 1 м (и более) с несколькими видами опробования (шлиховое, точечное, литохимическое по первичным и вторичным ореолам рассеяния). На залесенных, задернованных, заболоченных, закрытых курумными развалами склонах и водоразделах задавались бульдозерные канавы глубиной до 1 м и более с последующей проходкой в интервалах проявления рудоносных процессов шурфов с комплексным опробованием и локализацией контрастных шлиховых и литохимических ореолов для последующего их изучения канавами. На участках с повышенной мощностью делювиально-солифлюкционных отложений (до 10–25 м) для определения выходов на поверхность коренных пород минерализованных и рудных зон оказалось эффективным ударно-канатное и пневмоударное бурение [14, 16].

Основная цель проходки шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м и буровых скважин – выявление в делювиально-солифлюкционных отложениях информативного слоя, содержащего обломки гидротермально измененных и рудоносных пород, его шлиховое и литохимическое по первичным и вторичным ореолам рассеяния опробование. В связи с этим в большинстве случаев на первом этапе изучения отсутствует необходимость «добивки» до коренных пород шурфов и бульдозерных канав глубиной до 1 м, что значительно ускоряет

и удешевляет процесс поисков. Конечная цель проходки шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м – оконтуривание выхода золотоносных зон на поверхности коренных пород для дальнейшего их целенаправленного изучения минимальным объемом канав и скважин. В последние годы эта методика успешно применена сотрудниками ЦНИГРИ при работах в сложных ландшафтных условиях на Енисейском кряже и в Центрально-Колымском районе.

В настоящее время ЦНИГРИ выполняет работы по государственным контрактам «Поисковые работы на большеобъемное золотое оруденение, локализованное в углеродисто-терригенных комплексах в пределах Енисейской, Байкало-Патомской и Верхояно-Колымской золоторудных провинций» и «Поисковые работы на рудное золото в углистых карбонатно-терригенных комплексах южной части Бодайбинского рудного района (Иркутская область)». Их завершение запланировано на 2015 г. В ходе выполнения данных работ продолжается исследование закономерностей формирования золотого оруденения в терригенных и карбонатно-терригенных комплексах. Его цель – уточнение геолого-поисковых моделей рудных районов, рудных узлов, рудных полей и месторождений; выявление новых критериев прогноза и поисков; совершенствование методики проведения прогнозных, поисковых и оценочных работ. Полученные материалы свидетельствуют о том, что новые подходы к прогнозированию и поискам в регионах развития терригенных и карбонатно-терригенных комплексов должны привести к выявлению новых золоторудных месторождений разных рангов.

В заключение отметим, что новые подходы к прогнозированию и поискам месторождений золота требуются и при изучении иных формационных типов. Это касается объектов золото-медно-порфировых и золото-порфировых типов, особенно золото-серебряных в вулканогенных областях, которые характеризуются богатыми и высокотехнологичными рудами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ажгирей Д.Г.* Типовые модели строения и условий формирования золоторудных полей и месторождений в углеродисто-терригенных толщах Южного Тянь-Шаня // Тр. ЦНИГРИ. 1986. Вып. 212. С. 55–60.
2. *Гаврилов А.М., Новожилов Ю.И.* Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
3. *Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба* / М.И.Кузьмин, В.В.Ярмолюк, А.И.Спиридонов и др. // ДАН. 2006. Т. 407. № 6. С. 793–797.
4. *Геолого-генетические модели золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах* / Н.К.Курбанов, Ч.Х.Арифюлов, П.Г.Кучеровский и др. // Руды и металлы. 1994. № 2. С. 55–69.
5. *Геохронологическое и изотопно-геохимическое изучение золоторудных месторождений Байкальской складчатой области* / Л.А.Неймарк, Е.Ю.Рыцк, Б.М.Гороховский и др. // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. М., 1993. С. 124–146.
6. *Геохронология и возможные источники рудного вещества крупнейшего месторождения Сухой Лог: результаты изотопных исследований* / Н.П.Лаверов, И.В.Чернышев, В.В.Дистлер и др. // Изотопное датирование геологических процессов. М., 2000. С. 211–214.
7. *Докембрий Патомского нагорья* / А.И.Иванов, В.И.Лифшиц, О.В.Перевалов и др. – М.: Недра, 1995.
8. *Золоторудное месторождение Сухой Лог – переоценка и оценка прогноза рудного поля и района* / И.Ф.Мигачев, И.А.Карпенко, А.И.Иванов и др. // Отечественная геология. 2008. № 2. С. 55–67.
9. *Золоторудные месторождения СССР. Т. 1–5.* – М.: Недра, 1984–1990.
10. *Иванкин П.Ф., Иншин П.В., Назарова Н.И.* Формы переноса и условия отложения золота в «черносланцевых» зонах (в связи с задачами поиска и оценки месторождения) // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 184. С. 71–97.
11. *Иванов А.И.* Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района // Изв. СО РАН. Секция наук о Земле. Иркутск, 2005. Вып. 2. С. 37–49.
12. *Иванов А.И.* Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр. 2004. № 8–9. С. 17–23.
13. *Иванов А.И.* Закономерности формирования линейной складчатости северной части Байкало-Патомского нагорья: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Иркутск, 1984.

14. *Иванов А.И.* Золото Байкало-Патомы (геология, оруденение, перспективы). – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2014.
15. *Иванов А.И.* Золотоносность Байкало-Патомской металлогенической провинции: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – М., 2010.
16. *Иванов А.И.* Опыт прогнозирования, поисков и оценки новых золоторудных месторождений в Бодайбинском районе // Отечественная геология. 2008. № 6. С. 11–16.
17. *Иванов А.И.* Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района // Руды и металлы. 2008. № 3. С. 43–61.
18. *Иванов А.И.* Основные этапы рудообразования и металлогеническое районирование северной части Байкало-Патомского нагорья // Тез. докл. XI Всесоюзного металлогенического совещания «Металлогения Сибири». Новосибирск, 1987. Т. II. С. 87–88.
19. *Иванов А.И.* Рудоносность глубинных разломов Байкало-Патомского нагорья // Тез. докл. Всесоюзного совещания «Эндогенные процессы в зонах глубинных разломов». Иркутск, 1989. С. 222–224.
20. *Иванов А.И., Рязанов Г.В.* Структурно-кинематический анализ Патомского прогиба. – Новосибирск: Наука, 1992.
21. *Карпенко И.А., Черемисин А.А., Куликов Д.А.* Морфология, условия залегания и внутреннее строение рудных тел на месторождении Сухой Лог // Руды и металлы. 2008. № 2. С. 11–26.
22. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
23. *Кривцов А.И., Нарсеев В.А.* Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы // Советская геология. 1983. № 1. С. 17–27.
24. *Курбанов Н.К.* Особенности формирования экзогенно-эндогенных месторождений благородных металлов в углеродисто-терригенных комплексах // Тр. ЦНИГРИ. 1987. Вып. 219. С. 13–14.
25. *Курбанов Н.К.* Полигенно-полихронные месторождения золота // Смирновский сборник–99: Научно-популярный альманах. М., 1999. С. 144–197.
26. *Курбанов Н.К., Дзялошинский В.Г.* Особенности условий локализации золотого оруденения в терригенных комплексах срединного Тянь-Шаня // Тр. ЦНИГРИ. 1986. Вып. 212. С. 3–5.
27. *Ленский золотоносный район* / Ю.П.Казакевич, С.Д.Шер, Т.П.Жаднова и др. // Тр. ЦНИГРИ. 1971. Вып. 85. Т. 1.
28. *Лишневецкий Э.Н., Дистлер В.В.* Глубинное строение земной коры района золото-платинового месторождения Сухой Лог по геолого-геофизическим данным (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 1. С. 88–104.
29. *Методика* крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / Отв. ред. И.Ф.Мигачев, М.М.Константинов. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
30. *Методика* локального прогноза скрытых месторождений золота и серебра / Отв. ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
31. *Методика* поисков золоторудных месторождений / Отв. ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1990.
32. *Мигачев И.Ф., Карпенко И.А., Петраш Н.Г.* Об актуальности и основных аспектах глубокой переоценки крупных и уникальных рудных месторождений // Руды и металлы. 2008. № 2. С. 5–10.
33. *Михайлов Б.К., Волков С.В.* Геологоразведочная служба и перспективы развития золоторудного минерально-сырьевого комплекса Магаданской области // Колыма. 2000. № 1.
34. *Михайлов Б.К., Волков С.В., Кимельман С.А.* Крупнообъемные золоторудные месторождения Центральной Колымы – основа экономики будущего Магаданской области // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий. Магадан, 2001.
35. *Михайлов Б.К., Прусс Ю.В., Волков С.В., Стружков С.Ф.* Крупнообъемные золоторудные месторождения Центральной Колымы – объекты XXI века. // Золотодобывающая промышленность России. Проблемы и перспективы. М., 2001. С. 23–28.
36. *Многофакторные* поисковые модели золоторудных месторождений / М.М.Константинов, В.А.Нарсеев, Ч.Х.Арифұлов и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
37. *Немеров В.К., Семейкина Л.К., Спиридонов А.М.* Наиболее вероятные сценарии рудогенеза в углеродистых осадочных формациях // Мат-лы научной конференции «Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд». Иркутск, 2005. Т. 1. С. 86–88.
38. *Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.* Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных комплексах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.

39. *Околорудный метасоматизм терригенных углеродистых пород в Ленском золоторудном районе* / В.Л.Русинов, О.В.Русинова, С.Г.Кряжев и др. // Геология рудных месторождений. 2008. Т. 50. № 1. С. 3–46.
40. *Основы прогнозирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах* / В.А.Нарсеев, А.А.Сидоров, Н.А.Фогельман и др. – М.: ЦНИГРИ, 1986.
41. *Прогнозирование и поиски месторождений золота* / В.А.Нарсеев, Н.К.Курбанов, М.М.Константинов, С.С.Вартанян и др. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
42. *Прогнозно-поисковые комплексы*. Вып. XII. Комплексование работ по прогнозу и поискам золоторудных месторождений в терригенных комплексах. Методические рекомендации. – М.: ЦНИГРИ, 1984.
43. *Рундквист Д.В.* Особенности геологического развития байкалит // Основные проблемы рудообразования и металлогении. М., 1990. С. 44–65.
44. *Ручкин Г.В., Конкин В.Д.* Минерогения пассивных окраин континентов и шельфов окраинных морей // Минерогения осадочных бассейнов континентов и периконтинентальных областей. М., 1998. С. 314–424.
45. *Сафонов Ю.Г.* Золоторудные и золотосодержащие месторождения мира – генезис и металлогенический потенциал // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 305–320.
46. *Шер С.Д.* Металлогения золота. – М.: Недра, 1974.
47. *Этапы формирования Бодайбинского золоторудного района* / И.К.Рундквист, В.А.Бобров, Т.Н.Смирнова и др. // Геология рудных месторождений. 1992. № 6. С. 3–15.
48. *Этапы формирования крупномасштабной благороднометальной минерализации месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь): результаты изотопно-геохронологического изучения* / Н.П.Лаверов, И.В.Чернышев, А.В.Чугаев и др. // ДАН. 2007. Т. 415. № 2. С. 236–241.
49. *Яновский В.М.* Основные особенности месторождений золото-углеродистой формации // Тр. ЦНИГРИ. 1981. Вып. 165. С. 35–42.
50. *Яновский В.М.* Рудоконтролирующие структуры терригенных миогеосинклиналей. – М.: Недра, 1990.
51. *Яновский В.М., Фельдман А.А.* Модель глубинного строения золоторудного района в терригенном комплексе // Условия образования и размещения золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск, 1975.