

На правах рукописи



КОРЧАГИНА Дарья Александровна

**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РУДНОГО
ЗОЛОТА И ПОЛИМЕТАЛЛОВ
В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ**

Специальность 1.6.10. – Геология, поиски и разведка твердых
полезных ископаемых, минерагения
(геолого-минералогические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

Научный руководитель: **Иванов Анатолий Иннокентьевич**, доктор геолого-минералогических наук, ФГБУ «ЦНИГРИ», научный руководитель

Официальные оппоненты: **Дергачёв Александр Лукич**, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова), Геологический факультет, кафедра геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых, профессор **Дамдинов Булат Батуевич**, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение наук Геологического института Сибирского отделения Российской Академии наук (ГИН СО РАН), заместитель директора по научной работе

Ведущая организация: ФГБУ «Институт минералогии, геохимии кристаллохимии редких элементов» (ФГБУ «ИМГРЭ»)

Защита состоится «23» декабря 2021 г. в 11 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 30.1.001.01 (Д 216.022.01), созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ») по адресу: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, к. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале научно-технической библиотеки ФГБУ «ЦНИГРИ» (Варшавское шоссе, 129, к. 1) и на сайте <http://www.tsnigri.ru/ru/korchagina> (http://www.tsnigri.ru/disser/korchagina/Korchagina_D_A_DIS.pdf).

Автореферат разослан « » ноября 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук

 Двуреченская С.С.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Согласно «Национальной программы социально-экономического развития Дальнего Востока до 2024 года и на перспективу до 2035 года» для Забайкальского края «Главными отраслями специализации промышленности являются горнодобывающая промышленность и цветная металлургия. Основу экономического развития составляет Забайкальская индустриальная зона. Ее специализацией является комплексное освоение потенциала минерально-сырьевых и иных ресурсов в сочетании с развитием транспортной логистики, а также приграничное сотрудничество. Такая специализация сохранится и усилится, получат развитие горно-металлургические комплексы.

Интенсивное социально-экономическое развитие юго-востока Забайкальского края в долгосрочной перспективе связано с формированием Забайкальского территориального горно-металлургического комплекса и включает реализацию на этой территории ряда крупных инвестиционных проектов в сфере добычи и переработки полезных ископаемых (медь, золото, серебро, железо, цинк, свинец, уголь)».

При обосновании задач социально-экономического развития регионов, основой экономики которых является сырьевой сектор, необходимо учитывать состояние минерально-сырьевой базы полезных ископаемых, определяющее степень обеспеченности горно-рудных предприятий сырьем, и перспективы ее долгосрочного развития.

Забайкальский край, находящийся в зоне влияния основных транспортных коридоров Сибири и Дальнего Востока, является одним из наиболее старых горнопромышленных районов России. Горно-промышленный комплекс здесь стал развиваться еще в XIX веке, когда добывалось в основном золото из россыпей и серебро из серебро-полиметаллических месторождений. В XX веке началась эксплуатация коренных месторождений золота, олова, урана, на полиметаллических месторождениях стала производиться добыча всего комплекса металлов. К настоящему времени многие месторождения полностью или частично отработаны, поэтому одной из актуальных задач для региона является анализ состояния его минерально-сырьевой базы по важнейшим полезным ископаемым и прогноз на перспективу обеспеченности сырьем горно-промышленного комплекса.

Как и в большинстве старых горнорудных районов в Забайкалье геологоразведочные, в том числе поисковые работы проводились интенсивно в 50–70-х годах XX века, когда и была подготовлена сырьевая база для большинства действующих добывающих предприятий. За этот период в основном выявлены месторождения, расположенные в благоприятных ландшафтных условиях, а «закрытые» территории изучались значительно слабее, и они являются резервом для выявления в их пределах рудных месторождений. Поэтому прогнозирование и поиски новых золоторудных, комплексных золотосодержащих и полиметаллических месторождений являются актуальной задачей как по причине необходимости восполнения минерально-сырьевой базы, так и в связи с появлением новых технологических подходов к поискам рудных месторождений в перекрытом залегании и значительным изменением требований к геолого-экономическим параметрам рудных объектов в связи с возможностью их рентабельной отработки открытым способом при более низких содержаниях.

Цель работы — оценка состояния минерально-сырьевой базы рудного золота и полиметаллов Забайкальского края, обоснование перспектив выявления новых месторождений.

Основные задачи работы.

1. На основе анализа состояния минерально-сырьевой базы и прогноза ее долгосрочного развития для рудного золота и полиметаллов оценить необходимость усиления геологоразведочных работ.

2. Выделить перспективные на выявление новых золоторудных, комплексных золотосодержащих и полиметаллических месторождений рудные районы и рудные узлы.

3. Выделить перспективные площади для проведения поисковых и прогнозно-минерагенических работ на рудное золото и полиметаллы на основе проведения металлогенического анализа в пределах наиболее перспективных рудных районов и рудных узлов.

4. Выполнить оценку прогнозных ресурсов полиметаллов на выделенных перспективных площадях.

5. Обосновать предложения по проведению поисковых и прогнозно-минерагенических работ на рудное золото и полиметаллы в Южном Забайкалье.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

— впервые для Забайкальского края выполнен долгосрочный прогноз развития минерально-сырьевой базы золота и полиметаллов;

— разработан методический прием количественного анализа соотношения рудной и россыпной продуктивности рудно-россыпных районов и узлов, учитывающий, в отличие от обычно применяемого качественного анализа, весь объем информации по золотоносности — не только балансовые запасы, но и прогнозные ресурсы; впервые для региона на этой основе проведено выделение рудных районов и узлов, перспективных на выявление новых золоторудных месторождений;

— впервые для Аленгуйской площади на основе анализа формационно-магматических, геологических, геохимических, геофизических, морфоструктурных и других критериев и признаков показано их соответствие модельным ситуациям золото-медно-молибден-порфириновых месторождений; обоснована перспективность площади на выявление комплексных золотосодержащих и собственно золоторудных месторождений;

— для рекомендованных на Аленгуйской площади прогнозно-ревизионных работ разработан прогнозно-поисковый комплекс, учитывающий, в отличие от существующих стандартных методов проведения геохимических и геологических работ, преобладание в ее пределах сложных ландшафтных условий и вероятность перекрытия рудоносных структур дальнепринесными отложениями;

— применена впервые для Приаргунской металлогенической зоны методология количественной оценки прогнозных ресурсов перспективных площадей, выделенных на основе сопоставления с эталонными прогнозно-поисковыми моделями рудных полей и узлов с оруденением Приаргунского и Нойон-Тологойского типов, для обоснования предложений по очередности проведения прогнозно-минерагенических и поисковых работ.

Научное и практическое значение исследования. В результате проведенных исследований показано, что минерально-сырьевая база золота и полиметаллов в Забайкальском крае не обеспечивает в долгосрочном плане сохранение их добычи на достигнутом уровне и уже в обозримой перспективе будет истощена.

Поэтому необходимо открытие новых месторождений золота и полиметаллов, что, в связи с почти полным исчерпанием «поискового задела», требует новых подходов при проведении металлогенического анализа для локализации перспективных площадей для постановки поисковых и прогнозно-минерагенических работ.

Выделение таких площадей и формирование рекомендаций по проведению геологоразведочных работ, наряду с обоснованием необходимости их усиления, являются практически-важными для конкретного региона — Забайкальского края. В настоящей работе выполнен анализ рудной и россыпной золотоносности рудно-россыпных узлов Забайкальского края, включающий сопоставление количественных показателей рудной и россыпной золотоносности с целью выделения участков с их отчетливой диспропорцией и (или) отсутствием их пространственных взаимоотношений. По результатам проведенного анализа выделены наиболее перспективные рудные районы и рудные узлы, в пределах которых локализованы площади для постановки прогнозно-минерагенических работ, перспективные на выявление месторождений золота.

В качестве перспективного на выявление золоторудных или золотосодержащих объектов на основе комплексного анализа рудной и россыпной золотоносности Забайкалья автором был выделен как перспективный на выявление новых месторождений Шахтаминский рудный район. Проведенный анализ поисковых критериев и признаков золотого оруденения, пространственного соотношения рудной и россыпной золотоносности позволил выделить в пределах рудного района в качестве перспективной Аленгуйскую площадь, обосновать необходимость проведения в ее пределах прогнозно-минерагенических работ и применение прогнозно-поискового комплекса для территорий с преобладанием сложных ландшафтных условий.

На основе использования разработанных В.В.Кузнецовым и др. (2017 г.) прогнозно-поисковых моделей месторождений Нойон-Тологойского и Приаргунского типов проведен анализ поисковых критериев и признаков и выполнена количественная оценка прогнозных ресурсов полиметаллов Приаргунской металлогенической зоны; выделены перспективные площади и обоснованы предложения по очередности проведения в их пределах прогнозно-минерагенических и поисковых работ на полиметаллические руды, в результате которых должны быть выявлены новые объекты для дальнейших геологоразведочных работ. Это должно привести к открытию новых месторождений для обеспечения сырьем планируемого горно-металлургического комплекса.

Результаты исследования могут быть использованы при планировании дальнейших геологоразведочных работ и актуализации плана социально-экономического развития Забайкальского края.

Методы исследования. Исследования носили комплексный характер и включали в себя: анализ и научное обобщение геологических, технологических, геолого-экономических материалов; маркетинговые исследования; экономический и инвестиционный анализы; были разработаны новые методические приемы для анализа рудной и россыпной золотоносности, оценки прогнозных ресурсов; составлялись карты золотоносности в целом по региону, по отдельным металлогеническим зонам, рудным районам и площадям; карты: геолого-минерагеническая, геофизических аномалий, прогнозная, схема изученности; проведено дешифрирование космических снимков, составлены схемы геоморфологического и геолого-структурного дешифрирования; составлен геологический разрез.

Защищаемые положения:

1. Долгосрочный прогноз развития минерально-сырьевой базы золота и полиметаллов Забайкальского края, выполненный на основе анализа геолого-экономической оценки месторождений и проектов разработки, свидетельствует о наличии тенденции к ее исчерпанию в ближайшие десятилетия и, соответственно, о

необходимости проведения геологоразведочных работ, в том числе ранних стадий для обеспечения «поискового задела».

2. Применение нового методического приема количественного анализа соотношения рудной и россыпной золотоносности в пределах рудно-россыпных районов и узлов позволило локализовать в Забайкальском крае перспективные площади на выявление новых золоторудных месторождений.

3. На основе анализа формационно-магматических, геологических, геохимических, геофизических, морфоструктурных критериев и признаков в пределах Шахтаминского рудного района в качестве первоочередной для проведения прогнозно-минерагенических работ выделена соответствующая модельным ситуациям золото-медно-молибден-порфирировых месторождений Аленгуйская площадь, перспективная на выявление собственно золоторудных и комплексных золотосодержащих месторождений. Обоснована необходимость применения современных методов поисков рудных месторождений для сложных ландшафтных условий и рекомендован соответствующий прогнозно-поисковый комплекс.

4. В пределах Приаргунской металлогенической зоны проведено ранжирование выделенных площадей с орудением Приаргунского и Нойон-Тологойского типов по степени перспективности на основе их сопоставления с прогнозно-поисковыми моделями эталонных рудных объектов и применения методологии количественной оценки прогнозных ресурсов. В результате обоснованы предложения по очередности проведения прогнозно-минерагенических и поисковых работ.

Достоверность результатов обеспечивается большим количеством проанализированного фактического материала. Полученные оценки долгосрочного прогноза МСБ основаны на анализе ТЭО кондиций и Протоколов утверждения проектов на разработку всех золоторудных и полиметаллических месторождений Забайкальского края.

При оценке площадной россыпной и рудной золотоносности, во-первых, использовалась вся информация по золотоносности — не только балансовые запасы, но и оценки прогнозных ресурсов различных категорий, которые, во-вторых, через систему коэффициентов, статистически рассчитанных в ФГБУ «ЦНИГРИ», переводились в запасы C_2 .

В пределах выделенных перспективных на выявление месторождений золота и полиметаллов площадей ФГБУ «ЦНИГРИ» планирует выполнение ревизионных и прогнозно-минерагенических работ с целью локализации участков для включения в Перечень поисковых работ, выполняемых за средства федерального бюджета.

Методические приемы количественного анализа соотношения россыпной и коренной золотоносности и оценки прогнозных ресурсов полиметаллов, предложенные в работе, уже успешно применяются в ФГБУ «ЦНИГРИ» при планировании прогнозно-ревизионных, прогнозно-минерагенических и поисковых работ для других регионов России.

Фактический материал и личный вклад. В основу диссертации положены фактические материалы, собранные и проанализированные автором в процессе выполнения научно-исследовательских работ по государственным контрактам, договорным работам в 2017–2021 гг. в ФГБУ «ЦНИГРИ». В работе использованы: данные фондовых геологических отчетов, материалы по технико-экономическому обоснованию разведочных кондиций; правовые и методические документы, действующие в сфере недропользования; результаты металлогенических исследований ФГБУ «ЦНИГРИ».

Автором собран обширный материал по минерально-сырьевой базе золота и полиметаллов Забайкальского края, проведен анализ ТЭО кондиций, протоколов согласований проектов отработки, протоколов экспертизы запасов всех золоторудных и полиметаллических месторождений Забайкальского края, материалов социально-экономического развития. В результате обобщения всех перечисленных материалов выполнен долгосрочный прогноз развития минерально-сырьевой базы золота и полиметаллов.

Автором разработан и применен новый методический прием для определения площадной продуктивности рудных районов и узлов с учетом оцененных прогнозных ресурсов, по соотношению россыпной и коренной золотоносности выделены перспективные на выявление новых золоторудных месторождений рудные районы.

Автором по дисбалансу россыпной и коренной золотоносности выделен перспективный на выявления новых золоторудных месторождений Шахтаминский рудный район, проведен сбор и анализ геолого-геофизической информации с целью выделения перспективной на выявление новых месторождений площади в его пределах.

Автором на основе проведенного анализа геологической, геофизической, геохимической информации, выполненного дешифрирования космических снимков выделена Алэнгуйская площадь, перспективная на выявление золоторудных и золотосодержащих комплексных месторождений, ранее не выделяемая в качестве таковой. На Алэнгуйскую площадь автором составлены карты геологической, геофизической, геохимической изученности; геофизических аномалий; геолого-минерогеническая схема; схемы дешифрирования космических снимков масштаба 1:200 000–1:25 000; геологический разрез с элементами прогнозно-поисковой модели; сформирован прогнозно-поисковый комплекс.

Автором выполнена оценка прогнозных ресурсов полиметаллов, проведено ранжирование площадей по степени перспективности и обосновано предложение по очередности проведения прогнозно-минерогенических и поисковых работ.

Апробация работы и публикации. Основные материалы и положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах, в том числе в 5 тезисах докладов и 5 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ. Результаты исследования и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях: VII, IX, X Международные научно-практические конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ», 2017 г., 2019 г., 2021 г.); IX и X Международный конгресс «Цветные металлы и минераль» (Красноярск, 2018 г., 2019 г.).

Результаты исследований вошли в состав геологических отчетов по теме Государственного контракта: «Работы, связанные с подготовкой сводных обобщающих информационно-аналитических материалов о состоянии, изменении и использовании минерально-сырьевой базы алмазов, золота, серебра, МПП, меди, свинца, цинка, никеля и кобальта, реализации мероприятий государственной программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов», других документов стратегического планирования; информационно-аналитических и экспертно-аналитических исследований, связанных с геологическим изучением недр, научно-техническим обеспечением геологоразведочных работ, мониторингом недропользования.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Диссертация изложена на 196

страницах машинописного текста; содержит 25 таблиц и 54 рисунка. Список использованной литературы включает 77 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность за ценные советы, внимание к работе и поддержку при выполнении исследований своему научному руководителю — доктору геолого-минералогических наук Анатолию Иннокентьевичу Иванову.

Диссертант сердечно благодарит канд. г.-м. наук В.В. Кузнецова за содержательные консультации и постоянную поддержку. За профессиональные советы, конструктивные замечания и дружеское участие в обсуждении аспектов рассмотренных в диссертации проблем автор искренне благодарен канд. г.-м. наук А.В. Болонину, канд. г.-м. наук Д.А. Куликову, О.А. Агибалову. На разных этапах работы автор пользовался консультациями, советами, рекомендациями канд. г.-м. наук Я.В. Алексева, канд. г.-м. наук Т.В. Серавиной, канд. г.-м. наук В.С. Звездова, канд. г.-м. наук В.Е. Васюкова, канд. г.-м. наук О.В. Мининой, канд. г.-м. наук О.М. Конкиной, Е.С. Заскинда, Т.А. Чуриловой, В.С. Муравьева. Автор выражает большую благодарность за помощь в оформлении материалов диссертации — Н.П. Кудрявцевой.

1. ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА И ПОЛИМЕТАЛЛОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Первое защищаемое положение: Долгосрочный прогноз развития минерально-сырьевой базы золота и полиметаллов Забайкальского края, выполненный на основе анализа геолого-экономической оценки месторождений и проектов разработки, свидетельствует о наличии тенденции к ее исчерпанию в ближайшие десятилетия и, соответственно, о необходимости проведения геологоразведочных работ, в том числе ранних стадий для обеспечения «поискового задела».

Золото. В минерально-сырьевой базе (МСБ) региона одним из ведущих полезных ископаемых является золото. Его добыча из россыпей началась в середине XIX столетия и интенсивно продолжалась в течении XX века. Большинство «целиковых» россыпей в настоящее время в значительной степени отработана. Месторождения коренного золота непрерывно разрабатываются с 1877 г.

На 01.01.2021 г. балансовые запасы коренного золота кат. АВС₁С₂ составляют 1 238,2 т, россыпного — 80,3 т. В 2020 г. добыча составила: из коренных месторождений — 25,4 т, из россыпных — 9,08 т, всего — 34,5 т. Обеспеченность предприятий запасами коренного золота составляет в среднем от 5 до 32 лет. Ряд месторождений коренного золота по Госбалансу относятся к категориям «подготавливаемых к разработке» и «разведываемых». На основе анализа сведений по планируемой годовой добыче на этих месторождениях рассчитано, что суммарно она может составить 8,4 т. То есть, при реализации сценария ввода всех этих объектов в эксплуатацию, в течении 9–10 лет будет даже некоторый рост добычи золота (рис. 1А).

В последние годы происходит наращивание золотодобычи из россыпей на фоне снижения балансовых запасов за счет вовлечения в разработку техногенных объектов. Поэтому продолжительность и объемы россыпной золотодобычи в Забайкальском крае, исходя из анализа состояния балансовых запасов и ежегодного их списания, оценивать не целесообразно. Можно констатировать, что и в обозримом будущем добыча золота из россыпей будет вносить заметный вклад в общий ее объем.

В случае дальнейшего повышения цен на золото, возможным резервом для пополнения балансовых запасов являются забалансовые, количество которых в

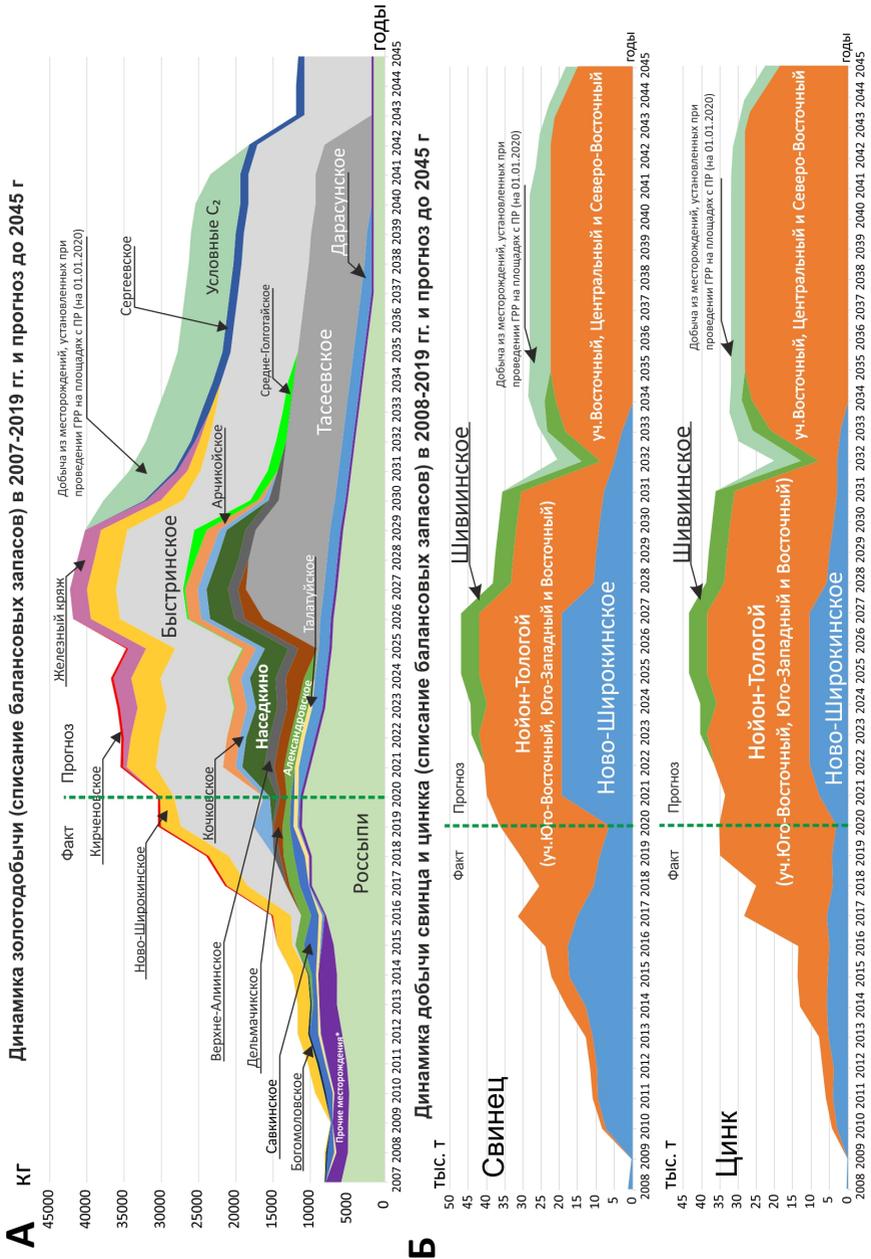


Рис. 1. Динамика добычи: А) золото (списание балансовых запасов) в 2007–2019 гг. и прогноз до 2045 г.; Б) свинца и цинка на месторождениях Ново-Широкинское и Нойон-Тологой в 2008–2019 гг. и прогноз в пределах Приаргунской МЗ до 2045 г.

Забайкальском крае в коренных и россыпных месторождениях на 01.01.2021 г. составляет 327,9 т (распределенный фонд недр (РФН) — 243,2 т). Однако прогнозировать, какая их часть и в какой временной период может быть переведена в балансовые, в настоящее время представляется не корректным.

Запасы месторождений, находящихся в нераспределённом фонде недр (НРФН) и требующих переоценки, также являются резервом для восполнения МСБ золота в регионе. Однако необходимо учитывать, что существует ряд сложностей с освоением некоторых из этих месторождений, на которых мы кратко остановимся.

К таким относится собственно золоторудное месторождение Балейское, которое в период с 1948 по 1994 год разрабатывалось открытым и подземным способами (карьер находится в черте города), с обогащением руды методом флотации с последующим цианированием концентратов. После окончания отработки месторождения карьер был заброшен и со временем подвергся разрушению и затоплению. Для возобновления золотодобычи на объекте необходимы значительные инвестиции, что, с учетом экологических аспектов, позволяет высказать сомнения в реальности отработки остаточных запасов этого месторождения, находящихся в НРФН. Необходимо проведение специальных геолого-экономических исследований для определения целесообразности сохранения в государственном балансе запасов (ГБЗ) этого месторождения.

Золото-железо-медное (с серебром) скарновое месторождение Култуминское, в котором золото является попутным компонентом, а основным компонентом — медь, также имеет не ясные перспективы освоения. Поскольку в период с 2020 года планируется ввод в эксплуатацию ряда крупных месторождений меди — Удоканское, Малмыжское, Песчанки что, соответственно, приведет к значительному увеличению предложения меди на рынке и уменьшению конкурентоспособности объекта.

Добыча из месторождения Ключевское не учтена в прогнозе (Рис. 1, А) по причине неопределенности его дальнейшего статуса. Это обусловлено тем, что Приказом Роснедра № 618 от 28.12.2018 действие лицензии ЧИТ 11545 БЭ ограничено в части срока ввода месторождения в эксплуатацию до 01.12.2023.

Освоение месторождения Тасеевское согласно Протокола ЦКР-ТПИ Роснедр № 367/19-сти от 24.12.2019 г. предусматривается в две очереди. Первая очередь (с 2024 по 2030 гг.) будут обрабатывать запасы руды по согласованному проекту (Рис. 1, А). Вторая очередь (с 2031 по 2042 гг.) предусматривает отработку в соответствии с отдельно разработанной проектной документацией, поэтому уровень добычи в этот период не определен, он условно принят по планируемой добыче 2030 г. — 7,5 т. Следует отметить, что организация добычи на месторождении может столкнуться с непреодолимыми экологическими проблемами из-за необходимости предварительной откачки агрессивных вод, заполняющих карьер, сброс которых в речную сеть исключен и для окончательного утверждения Проекта пользователем недр необходимо получение целого ряда согласований и экспертиз.

Даже при вводе в эксплуатацию всех месторождений с балансовыми запасами, после 2029 г. прогнозируется спад добычи золота в Забайкальском крае. Это будет обусловлено выбыванием (исчерпанием запасов) обрабатываемых месторождений и отсутствием в настоящее время серьезного задела на выявление новых объектов. Однако, учитывая сложности с освоением месторождения Тасеевское спад золотодобычи возможен уже после 2024 года.

Известные золоторудные объекты с апробированными прогнозными ресурсами при их переводе в результате геологоразведочных работ (ГРП) в промышленную категорию также не обеспечивают поддержание современного уровня добычи.

Расчетным путем с использованием статистически установленных коэффициентов перевода прогнозных ресурсов (ПР) низших категорий в более высокие, а затем в запасы, определено, что на имеющихся объектах с ПР возможно подготовить месторождения с относительно небольшими запасами категории C_2 — 115 т: может быть выявлено 2 средних месторождения с суммарными запасами — 42 т и 2 мелких объекта с суммарными запасами — 20 т. В случае их введения в эксплуатацию (по статистике не ранее чем через 8 лет) с суммарной добычей 6 т в год, срок полной отработки запасов составит около 12 лет. Остальные мелкие объекты (14 шт.) с суммарными запасами в 52 т в своем большинстве в обозримой перспективе вряд ли будут осваиваться.

Таким образом, очевидна необходимость выявления новых месторождений рудного золота, что требует усиления ГРР на слабо изученных территориях, в том числе по «заявительному принципу» (ЗП) лицензирования.

В период с 2014 года на территории Забайкальского края (по данным АСЛН от 01.06.2021) было получено по ЗП 426 лицензий на рудное золото (199 заявок находятся на рассмотрении), на которых после проведения ГРР возможно выявление новых месторождений. Хотя, учитывая международный опыт (первые проценты успешных проектов из всех) и опыт таких работ в целом в РФ (за 7 лет подготовлено около 50 т запасов на флангах известных объектов), реальный эффект от этого может быть получен в отдаленной перспективе и нами в настоящий момент не рассматривается. Что касается ГРР на золото за счет средств ФБ, то на территории Забайкальского края в период с 2010 по 2020 год были проведены поисковые работы на россыпное и рудное золото по 9 проектам. Из них 6 объектов были завершены с апробированными ПР категорий P_1 и P_2 , которые учтены в нашем прогнозе. Согласно проекта Пообъектного плана ГРР на твердые полезные ископаемые за счет средств ФБ на период до 2024 года на территории края предполагается проведение работ на рудное золото на нескольких объектах с ожидаемыми приростами ПР категорий P_1 и P_2 . Однако, такие участки, на которых можно обосновать проведение поисковых работ за средства ФБ («поисковый задел»), уже практически исчерпаны.

Полиметаллы. Золото-серебро-полиметаллические месторождения сосредоточены в основном в юго-восточной части Забайкальского края в пределах Приаргунской металлогенической зоны (МЗ). С XIX века в ее пределах эксплуатировались полиметаллические месторождения в основном с целью добычи серебра, а в XX веке — всего комплекса металлов. С 1995 года их эксплуатация была прекращена, рудники закрыты в связи с нерентабельностью, прекратил работу Нерчинский полиметаллический комбинат, работающий на сырье этих предприятий.

С 2008 г. началась добыча руды на месторождениях Ново-Широкинское и Нойон-Тологой, которая в настоящее время имеет отчетливую тенденцию к увеличению. В настоящее время в Приаргунской МЗ балансовые запасы кат. ABC_1C_2 составляют: свинец — 1811,4 тыс. т, цинк — 1760,1 тыс. т. Сосредоточены они в основном на двух месторождениях — Нойон-Тологой и Ново-Широкинское. Суммарная добыча в 2020 г. составила: свинец — 62,8 тыс. т, цинк — 70,3 тыс. т. Обеспеченность балансовыми запасами добычи Приаргунской МЗ не превышает 20 лет, т.е. является критической. В 2023 г. в связи с увеличением производительности фабрик на месторождении Нойон-Тологой добыча возрастет примерно в 1,5 раза, что соответственно сократит срок отработки месторождения (Рис. 1, Б).

В пределах МЗ выявлен целый ряд полиметаллических объектов с апробированными прогнозными ресурсами. При применении статистически рассчитанных коэффициентов реализации прогнозных ресурсов свинца и цинка низких

категорий в более высокие, а затем и в запасы категории C_2 , по аналогии с расчетом такового по золоту, как показано В.В. Кузнецовым, после проведения ГРП на них может быть выявлено лишь несколько мелких месторождений, которые в своем большинстве в обозримой перспективе вряд ли будут осваиваться. Таким образом, очевидно, что для поддержания стабильной добычи полиметаллов в пределах Приаргунской металлогенической зоны необходимо выявлять новые месторождения.

Согласно проекта Пообъектного плана ГРП на твердые полезные ископаемые за счет средств ФБ на период до 2024 года в пределах МЗ планируется проведение работ на полиметаллы на нескольких площадях с ожидаемыми приростами ПР категорий P_1 и P_2 . Однако, как и по рудному золоту, «поисковый задел» для проведения поисковых работ за средства ФБ уже практически исчерпан.

В заключение следует отметить, что в пределах Забайкальского края для выявления новых золоторудных и полиметаллических месторождений необходимо, прежде всего, восполнение «дефицита» перспективных объектов и, соответственно, усиление ГРП ранних стадий: прогнозно-металлогенического анализа, прогнозно-минерагенических (ПМР) и поисковых работ.

2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА РУДНОЙ И РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Второе защищаемое положение: *Применение разработанного методического приема количественного анализа соотношения рудной и россыпной золотоносности в пределах рудно-россыпных районов и узлов позволило локализовать в Забайкальском крае перспективные площади на выявление новых золоторудных месторождений.*

Расчет обобщенных показателей (площадной продуктивности) рудной и россыпной золотоносности в пределах рудно-россыпных районов и узлов Забайкальского края и их количественный анализ были выполнены отдельно для золоторудных и золотороссыпных районов и узлов в их традиционных границах (Карелин, 2011). Площадная продуктивность (ПП) определялась по формуле: $Sp_r = (D + 3 + U_3) / S$, где: Sp_r — площадная продуктивность рудных и россыпных узлов; S — площадь рудных и россыпных узлов; D — накопленная добыча; 3 — запасы категорий А, В, C_1 , C_2 , забалансовые запасы; U_3 — прогнозные ресурсы, пересчитанные в условные запасы по формуле: $U_3 = 0,125 (P_3 + 2P_2 + 4P_1)$.

Всего количественный анализ проведен по 74 золоторудным узлам (ЗРУ) в пределах 23 золоторудных районов и 39 золотороссыпных узлов в пределах 24 золотороссыпных районов. При оценке золоторудной продуктивности учитывались показатели как золоторудных, так и комплексных золотосодержащих объектов, также являющихся источником золота для россыпей. Площадная продуктивность ЗРУ варьирует от 0 до более 300 кг/км², золотороссыпных — от 2 до более 20 кг/км² (детальные расчеты и таблицы приведены в диссертации) (Рис. 2).

Анализ пространственного взаимоотношения рудных и россыпных узлов, а также их количественных показателей показал, что в случае высокой геологической изученности тех и других они характеризуются тесной пространственной близостью, причем площадь россыпных узлов закономерно больше рудных. При высокой ПП таких рудных узлов россыпные узлы также характеризуются высокой ПП. В таких рудных узлах вероятность выявления новых рудных месторождений снижена.

В то же время выделяются ряд россыпных узлов с различной ПП, в пределах которых установлены коренные источники, образующие ЗРУ, при эрозии не могли

обеспечить имеющиеся запасы золота в тех или иных известных россыпях, а геологическая изученность на коренное оруденение недостаточна — то есть они являются перспективными для поисков золоторудных месторождений.

Чаще всего такие территории характеризуются сложными ландшафтными условиями — для них характерна значительная задернованность, заболоченность, развитие курумных развалов, повышенная мощность делювиальных и иных дальнеприносных отложений. В таких случаях традиционные методы поисков, прежде всего геологические маршруты и литогеохимическое опробование, слабо информативны, что объясняет низкую поисковую эффективность предшествующих ГРР.

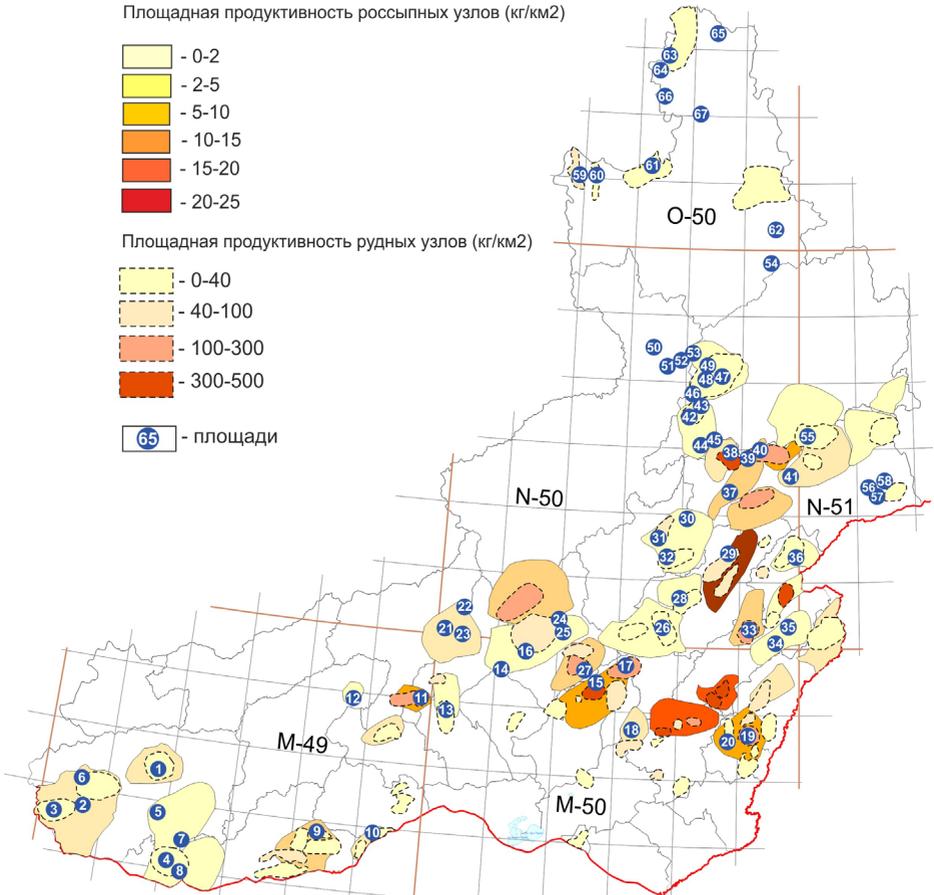


Рис. 2. Сопоставление площадной продуктивности рудных и россыпных узлов и расположения площадей с неустановленными или слабо проявленными коренными источниками.

В пределах таких ЗРУ на основе пространственного анализа соотношения рудной и россыпной золотоносности нами выделено 67 площадей (Рис. 2, контуры золоторудных и золотороссыпных районов не показаны для улучшения «читаемости»),

в пределах которых коренные источники россыпей либо не известны, либо известны разрозненные пункты минерализации, и которые отнесены к перспективным на выявление рудных месторождений золота (детальная характеристика площадей приведена в диссертации). Основная часть этих площадей, расположенных в южной части территории Забайкальского края, характеризуется наличием благоприятных критериев: региональных разломных структур, контролирующих, в том числе, известные своей рудоносностью в Забайкальском крае юрско-меловые грабены; верхнеюрских и меловых гранитоидных рудоносных интрузий; а также различных прямых поисковых признаков — россыпей, геохимических аномалий, шлиховых ореолов, рудопроявлений и минерализованных точек золота. Они пространственно располагаются в зоне динамического влияния Монголо-Охотской сутуры (коллизонного шва на границе Монгольского и Сибирского палеоконтинентов). На части этих площадей имеются апробированные ресурсы категории R_3 , на большинстве — отсутствуют.

Часть перспективных площадей, составляющих отдельную группу, выделены нами в пределах весьма значительных по площади золотороссыпных районов, расположенные в северной части Забайкальского края (Чарский, Муйский, Каларский, Калаканский), в которых россыпи золота не имеют установленных коренных источников, что, связывается автором со слабой изученностью этого труднодоступного региона (Рис. 2).

В пределах выделенных перспективных площадей необходимо проведение дальнейших геологоразведочных работ с целью выявления рудных месторождений золота (собственно золоторудных и комплексных золотосодержащих). Как правило, имеющаяся поисковая информация по этим площадям не достаточна для постановки в их пределах поисковых работ за средства федерального бюджета, поэтому на большинстве из них целесообразно проведение прогнозно-минерагенических работ или, предварительно, крупномасштабных прогнозно-металлогенических исследований с обобщением и анализом всех геолого-геофизических материалов и выделением участков для проведения ПМР и поисковых работ.

Следует отметить, что значительная часть выделенных площадей расположена в центральной и юго-восточной частях Забайкалья, характеризующейся развитой инфраструктурой и наличием большого количества добывающих предприятий. Поэтому на этой территории целесообразно выявление в том числе небольших по масштабам месторождений рудного золота, которые также будут востребованы недропользователями.

3. АЛЕНГУЙСКАЯ ПЛОЩАДЬ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ НА ВЫЯВЛЕНИЕ СОБСТВЕННО ЗЛОТОРУДНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ЗЛОТОСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Третье защищаемое положение. На основе анализа формационно-магматических, геологических, геохимических, геофизических, морфоструктурных критериев и признаков в пределах Шахтаминского рудного района в качестве первоочередной для проведения прогнозно-минерагенических работ выделена соответствующая модельным ситуациям золото-медно-молибден-порфириновых месторождений Аленгуйская площадь, перспективная на выявление собственно золоторудных и комплексных золотосодержащих месторождений. Обоснована необходимость применения современных методов поисков рудных месторождений для сложных ландшафтных условий и рекомендован соответствующий прогнозно-поисковый комплекс.

Шахтаминский рудный район расположен в благоприятных географо-экономических условиях, в его пределах располагаются молибден-порфировые месторождения Шахтаминское и Бугдаинское. В рудном районе известны промышленные россыпи золота при отсутствии значимой рудной золотоносности и на этом основании в его северо-западной части выделена Аленгуйская перспективная площадь (рудный узел). В ее пределах отсутствуют апробированные ПР рудного золота и других металлов, предшественниками она не выделялась в качестве перспективной на выявление рудных промышленных месторождений. Проведенный прогнозно-металлогенический анализ показал, что отсутствие выявленных коренных источников золота в области питания ряда россыпей объясняется, прежде всего, развитием на большей части территории дальнеприносных делювиальных отложений значительной мощности и, соответственно, низкой эффективностью применяемых традиционных методов поисков, прежде всего — геологических маршрутов. Кроме того, на большей части площади не проводилось литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеивания (ВОР), либо проводилось фрагментарно в 50–60-х годах XX века. Горно-буровые работы выполнялись на отдельных локальных участках, выделенных в пределах наиболее обнаженных водоразделов в геологических маршрутах, либо (в 2000-х годах), для изучения положительных магнитных аномалий. Таким образом установлена очень низкая реальная поисковая изученность и, соответственно, наличие перспектив открытия промышленных золоторудных или комплексных золотосодержащих месторождений в пределах Аленгуйской площади.

В результате прогнозно-металлогенического анализа составлены геолого-минерагеническая схема масштаба 1:50 000 и прогнозная карта масштаба 1:25 000, схематизированный вариант которой приведен на рисунке (Рис. 3) и в диссертации. На них отражены поисковые признаки коренного оруденения, установленные в процессе предшествующих ГРП и отраженные в отчетных материалах, а также установленные рудоконтролирующие факторы (критерии). К первым отнесены рудопроявления, пункты минерализации, геохимические аномалии Au, Mo, Cu, Ag, Pb, Zn, знаки золота в шлихах. В качестве критериев выделены: дайки Нерчинско-Заводского комплекса; рудовмещающие гранитоидные интрузивы Шахтаминского комплекса; разломы, ограничивающие юрские и меловые грабены; гранито-купольная морфоструктура и подчеркивающие ее отделившиеся радиальные и кольцевые разломы; геофизические критерии — аномалии калия, высоких сопротивлений и поляризуемости, положительные магнитные аномалии. Оконтурены участки, где в разные периоды выполнены горно-буровые работы, показаны пройденные поисковые каналы и колонковые скважины. Для наиболее значимых рудных пересечений Au, Mo, Cu приведены их параметры (длина, среднее содержание).

В диссертации подробно рассмотрены прогнозно-поисковые модели месторождений-эталонов — Шахтаминское и Бугдаинское. В результате проведенного по Аленгуйской площади анализа всех геолого-геофизических материалов установлено их соответствие ряду элементов эталонных моделей. Это демонстрируется нами на составленном геологическом разрезе через Аленгуйскую площадь (Рис. 4, Табл. 1), на котором отмечены элементы модели порфировой системы: «материнская» гранитоидная и порфировые интрузии; тела эруптивных брекчий; проявления и пункты минерализации — меди, молибдена, золота, золото-серебро-железо-медные; ареал развития полиметаллического оруденения с серебром золотом; россыпи золота, геофизические и геохимические признаки. Информация по геологическим критериям и проявлениям рудной минерализации на Аленгуйской площади соответствует известной модели порфировой системы R.H.Sillitoe.

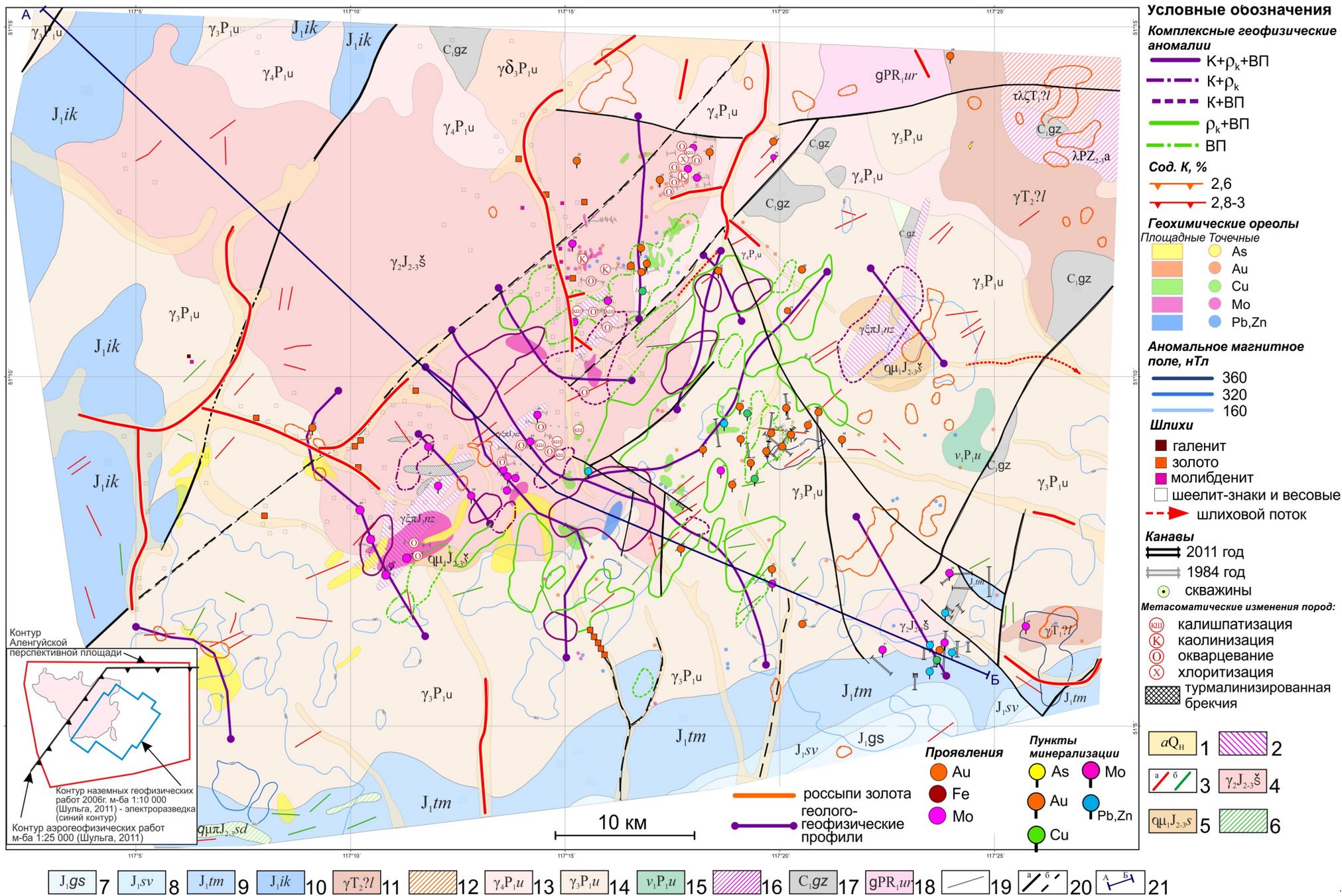
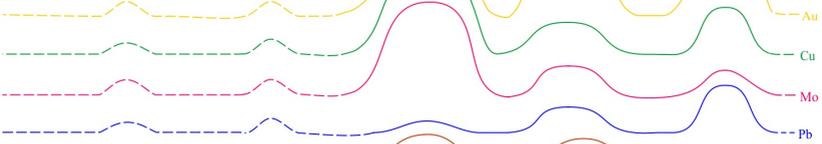


Рис. 3 Прогнозная карта Аленгуйской площади

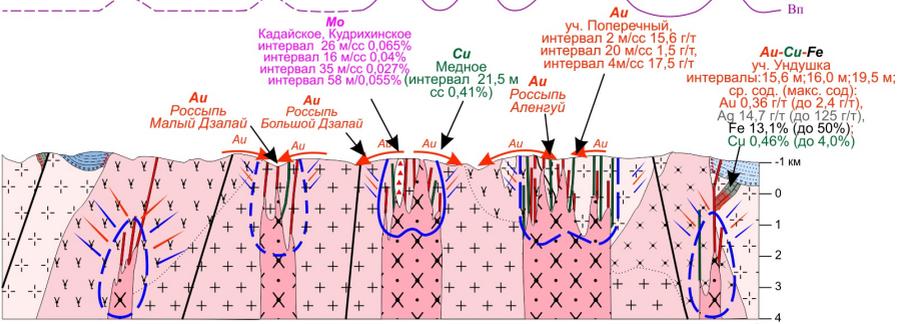
Интенсивность распределение рудопроявлений и минерализации



Характер поля радиоактивного калия



Характер магнитного поля



- средне-поздняя юра**
- а б Дайки нерчинскозаводского комплекса (порфировые фазы шахтаминского комплекса, по А.П.Берзиной): а - монцитит-порфиры ($\gamma\zeta\pi J_1$), гранит-порфиры ($\gamma\pi J_1$), интервал 16 м/сс 0,04% интервал 35 м/сс 0,027% интервал 58 м/0,055% (интервал сс 0,41%)
 - $\gamma_2 J_{2-3} \delta$ Шахтаминский комплекс. Вторая фаза. Дополнительные интрузии. Граниты
- ранняя юра**
- $J_{1,m}$ Таменгинская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, базальные дресвянистые брекчи, конгломераты и конгломерато-брекчи
 - $J_{1,k}$ Икагийская свита. Алевролиты, аргиллиты, песчаники, базальные дресвянистые брекчи, конгломерато-брекчи и конгломераты
- ранняя пермь**
- $\gamma_3 P_1 u$ Ундский комплекс. Третья фаза, граниты
- ранний карбон**
- $C_{1,gz}$ Газимуровская свита. Алевролиты, песчаники, известняки
- Au-Cu-Mo оруденение: а - установленное, б - предполагаемое
 - Проявление Pb (Zn)-Ag-Au оруденения
 - Поступление золота в россыли
 - Разрывные нарушения

- Интрузивные породы**
- γ Граносиениты ($\gamma\zeta\pi J_1 \delta$)
 - $+$ Гранодиориты (γJ_{2-3})
 - \times Кварцевые монцитиориты ($q\pi$)
 - π Мелкозернистые гранитоиды
 - $\times \cdot \times$ Монцитит-порфиры
 - \blacktriangle Эруптивные брекчи
- Экзоконтактовые изменения**
- \bullet Ороговикование
- Контактово-метасоматические породы**
- ■ Скарны с Au-Cu-Fe оруденением
- Осадочные породы**
- ■ Песчаники
 - ■ Алевролиты
 - а - конгломерато-брекчи, б- дресвянистые брекчи
 - ■ Известняки

Рис. 4 Схематизированный геологический разрез с элементами прогнозно-поисковой модели

Условные обозначения к Рис. 3: 1 — голоцен, четвертичные отложения: аллювиальные песчано-галечно-валунные отложения, гравийники, галечники, супеси, суглинки (аQH); 2–3 — поздняя юра, Нерчинскозаводской комплекс гранит-порфир-лампрофировый: 2 — гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры ($\gamma\zeta\pi J_3nz$), 3 — дайки нерчинскозаводского комплекса (порфирные фазы шахтаминского комплекса, по А.П. Берзиной): а — монзонит-порфиры ($\gamma\zeta\pi J_3$), гранит-порфиры ($\gamma\pi J_3$), гранодиорит-порфиры ($\gamma\delta\pi J_3$); 6 — кварцевые диорит-порфириты ($q\delta\pi J_3$) и диорит-порфириты ($\delta\pi J_3$); 4–6 — средняя-поздняя юра, Шахтаминский комплекс монцодиорит-гранодиорит-гранитовый: 4 — граниты лейкократовые ($\gamma\pi J_2-3\delta$), 5 — кварцевые монцодиориты, монцодиориты, диориты и кварцевые диориты ($q\pi J_2-3\delta$); Шадоронский комплекс андезит-дацитовый: 6 - кварцевые монцодиорит-порфириты, кварцевые диорит-порфириты ($q\pi J_2-3\delta$); 7–10 — ранняя юра, Онон-газмурская подзона, государственная свита (песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослои конгломератов), 8 — сивачинская свита (конгломераты с прослоями песчаников и алевролитов), 9 — таменгинская свита (песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты), 10 — икагийская свита (алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты); 11–12 — ранний триас, Лубинский гранит-лейкогранитовый комплекс: 11 — граниты лейкократовые ($\gamma T_2?l$), 12 - жерловые трахириодациты, их туфы и эксплозивные брекчии, риолиты, гранит-порфиры и их эксплозивные брекчии ($\tau\lambda\zeta T_1?l$); 13–15 — ранняя пермь, Ундинский комплекс гранит-гранодиоритовый: 13 — граниты ($\gamma_4 P_{1u}$), 14 — граниты, гранодиориты, граносиениты ($\gamma_3 P_{1u}$); 15 — габбро, диориты ($v_1 P_{1u}$); 16 — средний-поздний палеозой, Аленуйский комплекс гранодиорит-риолитовый (риолиты, граносиенит-порфиры λP_{Z-3a}); 17 — ранний карбон, газмурозаводская свита (алевролиты, песчаники, известняки C_1gz); 18 — ранний протерозой, Урульгинский (?) комплекс метаморфический (гнейсы) gPR_{1ur} ; 19 — геологические границы; Разрывные нарушения: 20 — главные разломы: а — достоверные, б — скрытые под вышележащими образованиями достоверные; 21 — линия разреза. На врезке показаны контуры проведенных наземных геофизических и аэрогеофизических работ.

Таблица 1

Элементы прогнозно-поисковой модели золото-медно-молибденовых месторождений (к схематизированному геологическому разрезу) в пределах Аленуйской площади

Элементы модели	Прогнозно-поисковые критерии и поисковые признаки
Рудно-формационный тип	Золото-медно-молибден-порфирный
Проявления, точки минерализации	Проявления золоторудной, медной, молибденовой и полиметаллической минерализации
Структурно-тектонические элементы	Позднеорогенный вулканоплутонический пояс. Глубинные разломы северо-восточного простирания, пересекающие мегасводы. Эндо- и экзоконтактовая части крупного средне-позднеюрского (Аленуйского) гранитоидного массива. Купольно-кольцевая морфоструктура, предположительно сформированная в рудный этап. Борта впадин и тектонические блоки ранне-среднеюрских терригенных пород.
Магматизм	Вмещающие гранодиориты и граниты Ундинского комплекса (P ₁) прорваны гранитами Шахтаминского комплекса (J ₂₋₃), слагающими крупный массив. Дайковые пояса порфирных пород среднего-кислого-субщелочного состава (J ₂₋₃) пересекают гранитоиды Шахтаминского и Ундинского комплексов

Гидротермально-метасоматические процессы и образования	Калишпатизация, серицитизация, окварцевание, турмалинизация, аргиллизация, гематитизация. Молибденит-кварцевые и халькопирит-кварцевые штокверки, сульфидно-кварцевые жилы и прожилки.
Морфология рудных зон	Штокверки площадные и линейные, редкие жилы.
Минерализация рудных зон	Прожилки кварца + молибденит, пирит, + иногда галенит, сфалерит, халькопирит, вольфрамит, шешлит
Россыпная золотоносность	Наличие «головок» россыпей
Геофизические (в пределах изученной части площади)	Геофизические аномалии: — положительные аномалии магнитного поля — аномалии высокого кажущегося сопротивления (ρ_k) — аномалии высокой вызванной поляризации (ВП) — аномалии калия (картируют порфировые интрузии и дайковые поля)
Геохимические признаки	Геохимические аномалии золота, мышьяка, молибдена, меди, свинца и цинка

В то же время для составления полноценной прогнозно-поисковой модели предшествующими работами собрано недостаточно информации по целому ряду вопросов:

- не откартированы гидротермально-метасоматические преобразования пород;
- по существу полностью отсутствуют площадные геохимические материалы;
- только на часть площади имеются материалы наземных геофизических работ;
- выявленные рудопроявления очень слабо охарактеризованы геохимическими, минералогическими и другими аналитическими методами;
- не выяснена природа аномалий ВП, сопротивлений и калия.

Тем не менее, автор считает, что Аленгуйская площадь перспективна на выявление объектов золото-медно-молибден-порфирового типа, причем в различной степени эродированного и, в связи с этим, характеризующегося различными соотношениями золотой, медной и молибденовой минерализацией (детальный анализ приведен в диссертации).

На основании всего вышеизложенного мы рекомендуем проведение на Аленгуйской площади ПМР, а для уточнения методики их проведения на первом этапе целесообразно провести ревизионные и опытно-методические работы.

Рекомендации по проведению дальнейших геологоразведочных работ на Аленгуйской площади. Аленгуйский рудный узел изучался систематическими ГРР в период 1956–2011 гг. За это время обнаружена серия рудопроявлений молибдена, меди, золота. Вместе с тем, на площади нет установленного коренного потенциально промышленного золотого оруденения, адекватного по масштабу выявленной россыпной золотоносности, что, по нашему мнению, вызвано недоизученностью площади из-за закрытости значительной части территории рыхлыми делювиальными отложениями. Значительный размер Аленгуйской площади (570 км²), ее крайняя неоднородность по степени изученности, недостаточная достоверность ряда материалов предшественников — являются основанием для рекомендации на проведение на первом этапе прогнозно-ревизионных работ (ПРР) для определения эффективной методики проведения прогнозно-минерагенических и поисковых работ и, по возможности, уже на этой стадии выделения перспективных локальных участков.

При планировании ПРР следует учитывать следующее:

- ПРР должны быть направлены на выявление как собственно золоторудных, так и золотосодержащих комплексных рудных объектов порфирирового типа;

- из-за неудовлетворительной обнаженности значительной части территории, перекрытия коренных пород чехлом рыхлых отложений повышенной мощности, включая курумы, необходимо проведение литохимического опробования по ВОР из шурфов и применение комплекса наземных геофизических исследований;

- широкое развитие на площади магматических пород разновозрастных интрузивных комплексов делает необходимым применение прецизионных петрогеохимических методов для разбраковки пород по их потенциальной рудоносности (фертильности);

- значительный размер площади определяет целесообразность проведения ревизионных работ в профильном варианте для изучения участков с наиболее ярко проявленными прогнозно-поисковыми критериями и поисковыми признаками (Рис. 3).

Основные задачи ПРР в подготовительный, полевой и камеральный периоды:

- оценка ландшафтно-геоморфологических условий ведения ревизионных и поисковых работ на конкретных участках в пределах площади;

- оценка геолого-структурных условий локализации дайкового комплекса пород и основных типов минеральных образований с использованием материалов дистанционного зондирования Земли;

- оценка информативности литогеохимического опробования по ВОР из шурфов по сравнению с «поверхностным» опробованием и прецизионных методов анализа проб для выявления геохимических аномалий (с учетом ландшафтно-геоморфологических условий площади);

- изучение основных типов магматических пород, их прецизионное петрогеохимическое исследование для оценки потенциальной рудоносности (фертильности);

- выделение основных типов метасоматических, прожилковых и жильных минеральных образований с оценкой их потенциальной рудоносности;

- определение геологической природы геофизических аномалий;

- создание прогнозно-поисковых моделей потенциально промышленных рудных объектов в условиях Аленгуйской площади;

- оценка прогнозных ресурсов золота, меди, молибдена категории Р₃;

- обоснование постановки дальнейших поисковых работ на Аленгуйской площади.

Для решения поставленных задач рекомендуется выполнение следующих основных видов работ, составляющих прогнозно-поисковый комплекс (ППК) при проведении ПРР:

1. Создание дистанционной основы с дешифрированием аэро- и космоснимков высокого разрешения;

2. При проведении профильных исследований (для пересечения потенциально-рудоносных геологических образований и структур, геофизических аномалий, известных рудопроявлений) необходимо выполнение следующего комплекса работ:

- специализированных геологических маршрутов с документацией обнажений, с отбором штурфных и литохимических проб по первичным ореолам, с регистрацией ландшафтных условий ведения поисков;

- литогеохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) и первичным ореолам (ПО) из шурфов;

— ручного бурения скважин глубиной до 3–5 м или ручной проходки шурфов глубиной до 2,0 м для шлихового и литохимического опробования по ВОР и ПО информативного слоя делювия на участках с повышенной мощностью рыхлых отложений;

— геофизических работ (магниторазведка, гравиметрическая разведка, электроразведка и гаммаспектрометрия);

— горных работ (шурфы, канавы).

3. Лабораторно-аналитические работы.

4. ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Четвертое защищаемое положение: В пределах Приаргунской металлогенической зоны проведено ранжирование выделенных площадей с оруденением Приаргунского и Нойон-Тологойского типов по степени перспективности на основе их сопоставления с прогнозно-поисковыми моделями эталонных рудных объектов и применения методологии количественной оценки прогнозных ресурсов. В результате обоснованы предложения по очередности проведения прогнозно-минерагенических и поисковых работ.

Приаргунская металлогеническая зона специализирована на золото-серебро-полиметаллическое оруденение и является одним из известных горнорудных районов России. Особенности геологического строения зоны обусловлены разноплановыми и разномасштабными процессами, протекавшими в архейскую, раннепротерозойскую, позднепротерозойскую, ранне-, средне- и позднепалеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую тектонические эпохи. Рудоносными формациями для полиметаллических месторождений являются венд-кембрийская карбонатно-терригенная и средне-верхнеюрская вулканогенно-кремнисто-терригенная.

Ранее (Кузнецов и др., 2018) для определения общих перспектив Приаргунской зоны на выявление новых полиметаллических месторождений было проведено металлогеническое районирование с выделением рудных районов и узлов, специализированных на оруденение Приаргунского и Нойон-Тологойского типов. Выделение и оконтуривание рудных узлов осуществлялось, прежде всего, по структурно-формационным признакам. Так рудные узлы Приаргунского типа контролируются палеопрогибами первого порядка в пределах морского бассейна, выполненными породами венд-кембрийской карбонатно-терригенной формации. Рудные узлы Нойон-Тологойского типа оконтуривают вулкано-тектонические депрессии, в пределах которых сформировались средне-верхнеюрские терригенно-вулканогенные отложения, объединяющиеся в последовательно дифференцированную вулканогенно-кремнисто-терригенную формацию.

С целью обоснования очередности проведения дальнейших ПМР и поисковых работ автором проведено ранжирование рудных узлов и рудных полей по степени перспективности на выявление в их пределах полиметаллических месторождений и произведена оценка ПР категории P_3 каждого из них. Оценка ПР рудных узлов и перспективных площадей проводилась методом геологической аналогии путем сопоставления с объектом-аналогом, для которого рассчитана удельная площадная продуктивность.

Технология количественной оценки ПР категории P_3 методом аналогии включает ряд этапов:

1. Выбор эталонного объекта с установленными геологическими границами, известным геолого-промышленным типом месторождения, запасами, включая

погашенные. Эталонным объектом для рудных узлов Нойон-Тологойского типа (колчеданно-полиметаллических месторождений в осадочно-вулканогенных породах) был выбран Нойон-Тологойский рудный узел, включающий месторождение Нойон-Тологой, для перспективных площадей — Нойон-Тологойское рудное поле. Эталонным объектом для рудных узлов Приаргунского типа (свинцово-цинково-колчеданных месторождений в терригенно-карбонатных толщах) был выбран Кличкинский рудный узел с месторождением Савинское №5, для перспективных площадей — Савинское рудное поле.

2. Определение площади эталонного объекта. Площадь эталонного объекта для рудных узлов является пространственно обособленная относительно изометричная рудоносная площадь, выделяющаяся на фоне слабоминерализованных или безрудных площадей. Она имеет резко выраженную групповую локализацию рудных проявлений и охватывают генетически связанные месторождения. Площадь эталонного объекта для перспективных площадей ограничивается продуктивными частями рудных узлов (рудными полями), с отчетливыми признаками полиметаллического оруденения.

3. Вычисление площадной продуктивности объекта-эталона как отношение площади объекта-эталона к сумме балансовых и забалансовых запасов кат. АВС₁С₂ и накопленной добычи свинца и цинка. Удельная продуктивность определялась по формуле: $S_{up} = (D + Z + UZ) / S$, где S_{up} — удельная продуктивность (тыс. т/км²); S — площадь рудных узлов и перспективных площадей (км²); D — накопленная добыча (тыс. т); Z — запасы (металла) категорий А, В, С₁, С₂+забалансовые запасы (тыс. т); UZ — прогнозные ресурсы (тыс. т), пересчитанные в условные запасы С₂.

4. Введение поправочного (понижающего) коэффициента подобия (К_{под}). При оценке ПР очень важным является вычисление коэффициента подобия, так как от этого напрямую зависит корректность получаемого результата. Коэффициенты подобия были рассчитаны путем проведения сравнения геологических характеристик и степени проявленности поисковых критериев и признаков эталонного объекта и перспективной площади. Для этого были составлены таблицы поисковых критериев и признаков (приведены в диссертации), в которых была отражена степень проявленности признаков в количественном выражении (признак проявлен, признак не проявлен, признак не определен, признак проявлен не полностью). Основными группами признаков, включенных в анализ, являлись:

- рудовмещающая геологическая формация, субформация;
- принадлежность к фациальной зоне вулканогенно-осадочных и терригенно-карбонатных отложений;
- литологический состав;
- интрузивные и субвулканические образования;
- современные и палеоструктурные элементы;
- состав гидротермально-метасоматических изменений;
- проявления рудной минерализации;
- характеристика геохимических полей (первичные и вторичные ореолы рассеяния);
- характеристика геофизических полей (гравиметрические, магнитные поля и поля проводимости и удельного сопротивления).

В результате получены поправочные коэффициенты, показывающие степень сходства (в процентах) каждого перспективного объекта с эталоном.

5. Распространение площадной удельной продуктивности объекта-аналога с учетом коэффициента подобия на прогнозируемый объект оценки. Оценка ПР рудных узлов осуществлялась, в зависимости от степени изученности, двумя способами. В

случае, если в прогнозируемом рудном узле вследствие слабой изученности не выделены перспективные площади, оценка ПР осуществлялась «прямым» способом — как произведение его площади на рассчитанную, с учетом коэффициента подобия, продуктивность. В случае, если в пределах рудного узла выделена перспективная площадь, то в начале оценивались ПР этой площади с использованием рассчитанной для нее продуктивности. Затем продуктивность, рассчитанная для рудного узла, распространялась на часть его площади за пределами перспективной площади. Сумма этих значений и соответствует общей оценке ПР рудного узла.

6. Соотношения содержания свинца и цинка в рудах прогнозируемых месторождений оценивается согласно эталонным объектам.

Оценка прогнозных ресурсов объектов Нойон-Тологойского типа. Согласно ранее проведенным исследованиям к этому типу относятся Мулинская, Маньковская, Диниская, Калгуканская, Буровская, Чашинская и Клинская площади.

Удельная продуктивность (УП) эталонного объекта (Нойон-Тологойское рудное поле) составила — 13,5 тыс. т/км², Нойон-Тологойского рудного узла — 6,8 тыс. т/км². Расчет коэффициента подобия показал, что степень сходства прогнозируемых объектов с эталонным варьируется от 27 до 68%. С использованием этих коэффициентов оценены ПР рудных узлов и перспективных площадей (Табл. 2).

Наибольший интерес на основании полученных результатов представляют площади с ПР суммы свинца и цинка более или около 1 млн т (выделены зелеными тонами в таблице). В качестве первоочередных нами выделены две площади — Мулинская и Маньковская и обосновано их включение в перечень поисковых работ за счет средства ФБ на 2020–2024 гг. В пределах остальных рекомендуется постановка ПМР работ с целью подготовки участков для проведения поисков месторождений Нойон-Тологойского типа.

Таблица 2

Оценка прогнозных ресурсов рудных узлов и перспективных площадей
Нойон-Тологойского типа

Названия	S, км ²	УП	ПР _з	K _{под}	Прогнозные ресурсы кат. Р _з , тыс.т		
					Руда	Pb	Zn
2	3	4	5	6	7	8	9
Чашинский РУ (итого)	119		1450		638,17	382,9	255,3
Чашинская	95,7	13,5	1292	0,44	568,46	341,1	227,4
Часть РУ за пределами перспективной площади	23,3	6,8	158	0,44	69,71	41,8	27,9
Буровский РУ (итого)	595,2		5860		1563,86	938,3	625,5
Буровская	270,5	13,5	3652	0,27	967,71	580,6	387,1
Часть РУ за пределами перспективной площади	324,7	6,8	2208	0,27	596,15	357,7	238,5
Верхне-Борзинский РУ (итого)	192,6		1644		969,95	582,0	388,0
Калгуканская	50,2	13,5	678	0,59	399,84	239,9	159,9
Часть РУ за пределами перспективной площади	142,1	6,8	966	0,59	570,11	342,1	228,0
Донинский РУ (итого)	278,2		2845		1763,59	1058,2	705,4
Донинская	142,2	13,5	1920	0,62	1190,21	714,1	476,1
Часть РУ за пределами перспективной площади	136	6,8	925	0,62	573,38	344,0	229,4
Саваа-Борзинский РУ (итого)	164,3	6,8	1117	0,62	692,69	415,6	277,1
Нойон-Тологойский РУ (итого)	509,2		4749		3229,3	1937,6	1291,7

Мулинская	192	13,5	2592	0,68	1762,6	1057,5	705,0
<i>Часть РУ за пределами перспективной площади</i>	317,2	6,8	2157	0,68	1466,7	880,0	586,7
Александрово-Заводский РУ (итого)	330,2		2920		2073,24	1243,9	829,3
Маньковская	100,7	13,5	1359	0,71	965,21	579,1	386,1
<i>Часть РУ за пределами перспективной площади</i>	229,5	6,8	1561	0,71	1108,03	664,8	443,2
Клинский РУ (итого)	165		1530		674,04	404,4	269,6
Клинская	60,9	13,5	822	0,44	362,57	217,5	145,0
<i>Часть РУ за пределами перспективной площади</i>	104,1	6,8	708	0,44	311,47	186,9	124,6
Золыйский РУ	88,1	6,8	599,08	0,82	491,2	294,7	196,5
Мостовский РУ	187,3	6,8	1273,64	0,32	407,6	244,5	163,0
Газимурский РУ	394,3	6,8	2681,24	0,32	858,0	514,8	343,2

Оценка прогнозных ресурсов объектов Приаргунского типа. Согласно ранее проведенным исследованиям к этому типу относятся Чупинская, Ивановская, Запокровская, Кадаинская, Михайловская, Горнозерентуйская, Воздвиженская и Акатуевская площади.

Удельная продуктивность эталонного объекта (Савинское рудное поле) составила 32,8 тыс. т/км², Савинского рудного узла — 3,7 тыс. т/км². Расчёт коэффициента подобия показал, что степень сходства с эталонным варьирует от 65 до 92%. Результаты оценки ПР площадей приведены в таблице (Табл. 3).

Наибольший интерес на основании полученных результатов представляют площади с ПР суммы свинца и цинка более или около 1 млн т (Воздвиженская и Запокровская). Михайловская, Кадаинская и Горнозелентуйская площади требуют постановки комплекса ПМР с целью подготовки участков для проведения поисков месторождений приаргунского типа. Также требуется переоценка имеющихся в их пределах месторождений нераспределенного фонда недр исходя из современной экономической ситуации и установленной стратифицированности оруденения данного типа. На Ивановской площади, в том числе рекомендованной нами, в 2020 г. успешно завершены поисковые работы, авторская оценка прогнозных ресурсов P_1 и P_2 (находится на апробации) даже превышает наши оценки.

Важным элементом развития Забайкальского края на ближайшие десятилетия по-прежнему останется освоение МСБ полиметаллов, как созданной в предшествующие периоды, так формирующейся в результате переоценки известных месторождений или выявления новых объектов на перспективных площадях. А для Юго-Восточного Забайкалья — это, в первую очередь, за счет выявления новых традиционных для этого региона месторождений цинка и свинца с сопутствующим золотом и серебром. Наиболее продуктивной на данный тип оруденения является Приаргунская металлогеническая зона. В ее пределах выделены и оценены перспективные на обнаружение свинцово-цинкового оруденения площади, относимые к Приаргунскому и Нойон-Тологойскому типа.

Оценка прогнозных ресурсов площадей Приаргунского типа

Названия	S _п , км ²	УП	ПР _з	К _{под}	Прогнозные ресурсы кат Р _з , тыс.т		
					Руда	Pb	Zn
					Воздвиженский РУ (итого)	258	
Воздвиженская	44,9	32,8	1473	0,88	1296,0	648,0	648,0
Горнозрентуйская	29,1	32,8	954	0,57	544,1	247,3	296,8
Ивановская	36,3	32,8	1191	0,60	714,4	223,2	491,1
Часть РУ за пределами перспективных площадей	147,7	3,7	546	0,5	273,2	124,2	149,0
Кадаинско-Михайловский РУ (итого)	101,4		2319		1826,6	884,0	942,5
Михайловская	38,6	32,8	1266	0,72	911,6	561,0	350,6
Кадаинская	28,2	32,8	925	0,92	851,0	283,7	567,3
Часть РУ за пределами перспективных площадей	34,6	3,7	128	0,50	64,0	39,4	24,6
Покровский РУ (итого)	164,2		1929		1649,3	749,7	899,6
Запокровский	45,4	32,8	1489	0,96	1429,6	649,8	779,8
Часть РУ за пределами перспективной площади	118,8	3,7	440	0,50	219,8	99,9	119,9
Кличкинский РУ	205,5	3,7	760	0,88	669,1	304,1	365,0
Акатуйский РУ (итого)	112		636		422,5	140,8	281,7
Акатуйская	7,6	32,8	249	0,92	229,3	76,4	152,9
Часть РУ за пределами перспективной площади	104,4	3,7	386	0,50	193,1	64,4	128,8
Ушумунский РУ	544	3,7	2012,8	0,56	1127,168	512,3	614,8
Дулушманский РУ	345	3,7	1276,5	0,56	714,84	324,9	389,9
Урюкманский РУ	232	3,7	858,4	0,68	583,712	265,3	318,4
Георгиевский РУ	487	3,7	1801,9	0,68	1225,292	557,0	668,3

Для планирования ГРП выделены три группы площадей по степени изученности. Первая группа площадей, на которых в настоящее время проводятся поисковые работы: Мулинская, Маньковская, а также Воздвиженская, которая подготовлена для проведения поисковых работ. Вторая группа площадей требует проведения комплекса опережающих ПМР (Кадаинская, Михайловская, Калгуканская, Буровская, Чашинская). Третья группа площадей (Акатуйская и Кличская) с ПР суммы свинца и цинка ниже 500 тыс. т возможно будет представлять промышленный интерес в отдаленном будущем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей работы является анализ минерально-сырьевой базы и прогноз ее развития для рудного золота и полиметаллов. В результате установлена тенденция к исчерпанию их запасов в обозримой перспективе, что, с одной стороны, должно учитываться при актуализации плана социально-экономического развития Забайкальского края, с другой стороны свидетельствует о необходимости усиления геологоразведочных работ и открытия новых месторождений.

В связи с тем, что «поисковый задел», сформированный в советский период, практически иссяк, а подготовленные ранее рудопроявления с прогнозными ресурсами золота и полиметаллов не обеспечивают воспроизводство запасов, необходимо

проведение прогнозно-минерагенических и поисковых работ. В процессе предшествующих металлогенических исследований в пределах Забайкальского края выделены рудные районы, перспективные на выявление золоторудных или золотосодержащих комплексных месторождений. Они расположены в различных географо-экономических зонах. Наиболее труднодоступные из них характеризуются слабой геологической, геофизической и геохимической изученностью. Это обусловило недостаточность объективных геолого-геофизических данных для прогнозирования новых золоторудных месторождений в их пределах. Поэтому для ранжирования по степени перспективности был разработан методический прием выделения перспективных площадей на выявление золоторудных месторождений на основе количественного анализа соотношения рудной и россыпной золотоносности в каждом рудно-россыпном районе. В результате выделены рудные районы, где, во-первых, выявленные коренные источники россыпей могли при эрозии их верхних частей объяснить количественные характеристики россыпной золотоносности, а геологическая изученность высокая (то есть вероятность выявления новых рудных месторождений относительно невелика); и во-вторых, где относительно высокая россыпная золотоносность не могла быть сформирована установленными месторождениями и (или) рудопроявлениями при слабой геологической изученности – то есть имеются перспективы выявления новых месторождений. Таким образом выделено несколько перспективных недостаточно изученных рудных районов, по одному из которых — Шахтаминскому — проведен анализ геолого-геофизических материалов и выделена перспективная на выявление новых золоторудных и комплексных золотосодержащих месторождений Аленгуйская площадь, соответствующая модельным ситуациям золото-медно-молибден-порфирировых месторождений. На ней обоснована необходимость проведения ПРР и прогнозно-минерагенических работ, а в связи с преобладанием в ее пределах сложных горно-таежных ландшафтов со значительной мощностью рыхлых отложений рекомендовано применение прогнозно-поискового комплекса, разработанного в ФГБУ «ЦНИГРИ» для таких условий и не применяемого ранее на этой территории.

На основе анализа геологических материалов по Приаргунской металлогенической зоне проведена дифференциация рудных узлов, рудных полей и локальных площадей по степени перспективности на основе сопоставления с эталонными прогнозно-поисковыми моделями рудных полей и узлов с орудением Приаргунского и Нойон-Тологойского типов, проведена оценка прогнозных ресурсов кат. Р₃, обоснованы предложения по очередности проведения прогнозно-минерагенических и поисковых работ.

В результате диссертационной работы обоснованы перспективы Забайкальского края на выявление новых золоторудных, золотосодержащих комплексных и полиметаллических месторождений и сформированы предложения по проведению поисковых и прогнозно-минерагенических работ на рудное золото и полиметаллы в Забайкалье. Реализация этих предложений может способствовать поступательному социально-экономическому развитию региона.

Статьи в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК

1. Алексеев Я.В., Корчагина Д.А. Сырьевая база рудного золота России: состояние освоения и перспективы развития до 2040 г. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. –М.: Российское геологическое общество, 2020. № 4-5. С.3-7.
2. Корчагина Д.А. Минерально-сырьевая база свинца и цинка Забайкальского края // Руды и металлы. –М.: ЦНИГРИ, 2018. № 3. С. 4-15.
3. Корчагина Д.А. Перспективы выявления новых полиметаллических месторождений в Забайкалье // Отечественная геология. –М.: ЦНИГРИ, 2020. № 3. С. 18-46.
4. Корчагина Д.А. Состояние и прогноз развития минерально-сырьевой базы золота Забайкальского края // Отечественная геология. –М.: ЦНИГРИ, 2019. № 4. С. 3-13.
5. Корчагина Д.А., Агибалов О.А. Опыт прогнозирования перспективных на золотое оруденение площадей на основе проведения комплексного анализа рудной и россыпной золотоносности (Забайкальский край) // Отечественная геология, –М.: ЦНИГРИ, 2020. №1. С. 29-51.

Материалы научных конференций и тезисы докладов

6. Корчагина Д.А. Минерально-сырьевая база полиметаллических месторождений Забайкальского края // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. –М.: ЦНИГРИ, 2019. С. 175-176.
7. Корчагина Д.А. Некоторые особенности минерально-сырьевой базы Газимуро-Нерченского промышленно-сырьевого узла // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов VIII Международной научно-практической конференции. –М.: ЦНИГРИ, 2018. С. 102-103.
8. Корчагина Д.А., Агибалов О.А., Чурилова Т.А. Выделение перспективных площадей для постановки прогнозно-минерагенических работ на основе анализа продуктивности золоторудных и золотороссыпных узлов Забайкальского края // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Сборник тезисов докладов X Международной научно-практической конференции. –М.: ЦНИГРИ, 2021. С. 115-116.
9. Корчагина Д.А., Кузнецов В.В., Серавина Т.В. Минерально-сырьевая база полиметаллических месторождений Сибири // Цветные металлы и минералы — 2017. Сборник докладов Девятого международного конгресса. –К.: Научно-инновационный центр, 2017. С. 981-990.
10. Корчагина Д.А., Серавина Т.В., Кузнецов В.В. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы России // Цветные металлы и минералы — 2018. Сборник докладов Десятого международного конгресса. В рамках конгресса — три отраслевые конференции. –К.: Научно-инновационный центр, 2018. С. 1202-1208.

Подписано в печать 14.10.2021 г.

Формат бумаги 60x90/16

Тираж 99 экз.

Полиграфическая база ФГБУ «ЦНИГРИ»
117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1