



## ОПЫТ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ 2009–2017 гг.

*Задачи по воспроизводству минерально-сырьевой базы свинца и цинка можно решить путём проведения поисковых работ и прогнозно-минерагенических исследований в целях укрепления сырьевой базы действующих предприятий в старых горнодобывающих регионах. Основа прогнозно-минерагенических построений – прогнозно-поисковые модели и прогнозно-поисковый комплекс (ППК). Последний по содержанию, сочетанию методов и очерёдности постановки рассматривается для двух стадий: прогнозно-минерагенические исследования и поиски месторождений. Составление комплекта карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения, предусмотренное ППК, включает формирование и анализ ГИС-пакета карт. ГИС-пакет имеет слоевую структуру, в которой каждый тематический слой представляет то или иное свойство рудовмещающей среды. Технология и методические подходы, основанные на прогнозно-поисковых моделях и ППК, были применены ЦНИГРИ совместно с рядом других организаций при выполнении базовых проектов Роснедра в 2009–2017 гг. Эти работы позволили выявить новые объекты и оценить их прогнозные ресурсы в Рудноалтайской, Приаргунской, Салаирской и Ангаро-Большепитской минерагенических зонах (МЗ), а также обосновать подготовку площадей для прогнозно-минерагенических работ в пределах Улугуйской МЗ.*

*Ключевые слова: МСБ, свинец и цинк, прогнозно-поисковые модели, прогнозно-поисковый комплекс, комплект карт, ГИС-пакет.*

Основные запасы свинца и цинка сосредоточены в Сибирском ФО. Источником металлов служат колчеданно-полиметаллические и полиметаллические месторождения. В ближайшее время может произойти значительное исчерпание разведанных запасов свинца и цинка. Задачи по воспроизводству МСБ этих металлов могут быть решены путём определения основных направлений геологоразведочных работ – проведения поисковых работ и прогнозно-минерагенических исследований в целях укрепления сырьевой базы действующих предприятий в старых горнодобывающих регионах. Наиболее перспективны по развитию минерально-сырьевой базы свинца и цинка Рудный Алтай (Рудноалтайская МЗ), Забайкалье (Приаргунская МЗ), Енисейский край (Ангаро-Большепитская МЗ), Салаир (Салаирская МЗ), Тыва (Улугуйская МЗ). Перечисленные регионы характеризуются развитой инфраструктурой. В их пределах предусматривается создание кластеров экономического роста, в том числе за счёт добычи полиметаллических руд, все они имеют высокую приоритетность по возможности выявления прогнозных ресурсов высоких категорий [3, 4, 12].

В названных регионах ЦНИГРИ проводит прогнозно-аналитические и прогнозно-ревизионные исследования на основе ус-

### **Серавина Татьяна Валерьевна**

кандидат геолого-минералогических наук  
заместитель заведующего отделом  
цветных металлов  
tanyaseravina@gmail.com

### **Кузнецов Владимир Вениаминович**

кандидат геолого-минералогических наук  
заведующий отделом цветных металлов  
okt@tsnigri.ru

ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва

вершенствованных прогнозно-поисковых моделей месторождений, комплексного анализа и интерпретации имеющейся геологической, геофизической, геохимической информации для выделения и обоснования площадей прогнозно-минералогических и поисковых работ. Выполненные ЦНИГРИ научно-методические исследования показали, что только комплексный подход к решению прогнозно-поисковых задач, а именно суммирование поисковых вкладов независимых групп критериев, обеспечивает новый, более высокий уровень достоверности прогнозных оценок. Расширение круга «вещественных» индикаторов оруденения с охватом различных уровней организации вещества (породного, минерального, элементного, ионного, изотопного) возможно при комплексном исследовании окорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов с учётом современных аналитических методов и технологий.

Основное требование к современным прогнозно-металлогеническим построениям (ПМП) – обеспечение воспроизводимости их результатов, поскольку от этого зависит уровень достоверности прогнозных оценок, указывающих на целесообразность постановки ГРП и их очередность [1, 2]. Воспроизводимость ПМП достигается, прежде всего, за счёт использования прямо наблюдаемых геологических факторов, совокупность которых определяет закономерности размещения месторождений в исследуемой геологической среде. Такого рода закономерности, выражаемые комплексом элементов-признаков (характеристик), установлены на достаточно хорошо изученных площадях с обнаруженными месторождениями. Прогнозно-поисковые модели последних описывают эталонные или типовые металлогенические таксоны, которые обладают комплексом выявленных характеристик и признаков, составляющих прямое признаковое пространство [5, 10].

Геофизическими, геохимическими и другими методами выявляется широкий спектр дополнительных характеристик, прогнозно-металлогеническое значение которых может оцениваться через отражение рудоносных обстановок в соответствующих негеологических полях и их структурных элементах.

Прогнозно-поисковая модель месторождений состоит из элементов, вытекающих из обстановок их нахождения. По условиям ведения поисков ме-

сторождения подразделяются на слабо эродированные (выходящие на поверхность), перекрытые (залегающие под чехлом рыхлых отложений на глубине до 100 м) и скрыто-перекрытые (на глубине 100–1000 м).

Основой ПМП, наряду с моделями, служит прогнозно-поисковый комплекс, который по содержанию, сочетанию методов и очередности постановки рассматривается для двух стадий: 1 – прогнозно-минералогические работы (не предусмотренные в настоящее время существующей стадийностью геологоразведочного процесса) и 2 – поиски месторождений.

Стадия 1 подразумевает среднемасштабные прогнозно-поисковые исследования м-ба 1:200 000–1:100 000 с крупномасштабными работами на наиболее перспективных площадях (м-б 1:50 000–1:25 000). Стадия 2 включает поисковые работы м-ба 1:10 000. Каждая стадия геологоразведочного процесса составляет блок взаимосвязанных элементов: стадия–признаки–методы–объекты. Для каждой стадии необходимо создание модели искомого объекта, элементы которой не только характеризуют соответствующее геологическое тело, но и выступают в качестве его признаков. Аналогичный анализ нужен и в отношении опознаваемости теми или иными признаками объектов прогноза и поисков.

Прогнозно-поисковый комплекс учитывает необходимость выделения прогнозно-металлогенических категорий разного ранга: металлогенических зон, рудных районов, потенциальных рудных полей, перспективных участков (месторождений). Общая последовательность работ и оптимальный комплекс методов, применяемый при прогнозе, поисках и оценке разноранговых металлогенических таксонов опубликован в работах ЦНИГРИ [5, 7, 8, 11]. Со времени создания первого ППК прошло почти 30 лет. Появились новые данные по геологии, геохимии и геофизике рудных районов, что позволяет доработать и уточнить ранее разработанный ППК. Это касается, как указывалось выше, среднемасштабных (1:200 000–1:100 000), крупномасштабных (1:50 000–1:25 000) и поисковых работ (1:10 000).

*Прогнозно-минералогические работы масштаба 1:200 000–1:100 000.* Основной объект исследования – рудные районы, для изучения которых должен применяться комплекс методов:

- структурно-формационный анализ;
- палеотектонический анализ;

- геофизические – гравиметрическая и магнитометрическая съёмки, высокочастотная высоко-разрешающая сейсморазведка по профилям (МОГТ-2Д);
- литолого-фациальный анализ;
- дешифрирование космоснимков;
- геохимические исследования, включающие обобщение, переинтерпретацию ретроспективной геохимической информации;
- рудно-формационный и петрографо-геохимический анализы;
- прогнозно-металлогенический анализ.

В итоге среднемасштабных работ должны решаться следующие задачи:

- оконтуривание ареалов развития потенциально рудоносных формаций;
- выделение палеовулканических структур;
- определение формационной принадлежности известных полиметаллических месторождений, околорудных гидротермально изменённых пород и метасоматитов (кварц-серицитовых);
- оконтуривание геохимических ореолов Cu, Pb, Zn и геофизических аномалий гравитационного, магнитного и электрического полей;
- оконтуривание потенциальных рудных районов на схеме металлогенического районирования;
- оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка по категории P<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>.

Таким образом, выполненные комплексные геолого-геофизические и геохимические исследования м-ба 1:200 000 в пределах рудных районов позволяют определить методы и методику работ, выявить оценочные критерии и признаки рудных районов и с помощью этого составить серию картографических основ.

Главное требование к среднемасштабным прогнозным построениям – обеспечение воспроизводимости их результатов. Для этого А.И.Кривцовым было предложено использовать различные варианты совмещения (наложения) информационных слоёв (карт), характеризующих геологическую среду, её рудоносность и физические характеристики. Такие «тематические слои» включают структурно-формационную, литолого-фациальную и дистанционную основы.

Наиболее информативен комплект карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения м-ба 1:200 000:

- структурно-формационная основа, совмещённая с картой рудной нагрузки;

- литолого-фациальная основа;
- карты гравитационного поля;
- карты магнитного поля;
- карты аномалий параметра  $F(U-K/Th)$ ;
- дистанционная основа;
- прогнозно-металлогеническая карта с перспективными участками для постановки дальнейших геологоразведочных работ.

*Поисковые работы масштаба 1:10 000.* Конечный результат данных работ – выявление полиметаллических рудопроявлений (потенциальных месторождений) и оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка по категории P<sub>2</sub> и P<sub>1</sub> с помощью следующих методов прогноза и поисков:

- детальные литолого-фациальный и палеофациальный анализы;
- детальные (высокоточные) гравиметрическая и магнитометрическая съёмки, комплексная аэрогеофизическая съёмка (магниторазведка, гамма-спектрометрия, электроразведка МПП) и (или) наземные электроразведочные исследования, скважинная геофизика (ЕП, ВП, МПП, КСПК, РВП, МЗТ), электро- и гамма-каротаж;
- детальная литохимическая съёмка по коренным и рыхлым отложениям (наиболее информативным является ионно-сорбционный метод), геохимическое опробование керн скважин;
- бурение поисковых скважин;
- минералого-петрографические исследования вулканогенно-осадочных пород, околорудных метасоматитов и руд;
- прогнозно-металлогенический анализ.

В итоге поисковых работ данной стадии должны решаться следующие задачи:

- оконтуривание и установление рудоносных локальных вулканических впадин;
- выявление и оконтуривание геофизических аномалий магнитного, гравитационного, электрического полей и их геологическая интерпретация;
- выделение и оконтуривание геохимических ореолов Pb, Zn, Cu и сопутствующих им элементов;
- выявление и оконтуривание околорудных гидротермально-осадочных пород и метасоматитов кварц-серицит-хлоритового состава;
- выявление и оконтуривание сульфидной минерализации;
- оценка прогнозных ресурсов категории P<sub>1</sub>.



Для выполнения этих задач с использованием перечисленных выше методов необходимо иметь модели полиметаллических месторождений, оценочные критерии и признаки их поисков. Обобщённая модель таких месторождений приведена в предыдущих работах ЦНИГРИ [5, 7, 8, 10, 11]. Руководствуясь рассмотренными оценочными критериями и признаками, строится модель прогнозируемого полиметаллического месторождения (рудопроявления), для чего составляется комплект карт «слоёв» в м-бе 1:10 000:

- литолого-фациальные карты и разрезы к ним;
- карты литохимических аномалий по коренным и рыхлым отложениям, геохимические разрезы с аномальными содержаниями Pb, Zn, Cu и сопутствующих им элементов;
- гравиметрические, магнитометрические карты, комплект карт, полученных с помощью аэрогеофизических методов, сейсмические профили (МОГТ-2Д), разрезы с результатами скважинной геофизики, электро- и гамма-каротажа;
- карты ореолов гидротермально изменённых пород и зональных окolorудных метасоматитов;
- геолого-поисковые модели прогнозируемых месторождений (рудопроявлений);
- карта поисковых признаков;
- прогнозная карта с выделением перспективных участков по степени их освоения.

Применение изложенных методов исследования позволяет разработать прогнозно-поисковую модель (и её признаки) рудного поля, месторождения (поискового участка) с полиметаллическим оруденением.

Составление комплекта карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения, предусмотренное ППК, включает формирование ГИС-пакета карт, различающихся степенью отражения как общих закономерностей расположения объектов полиметаллического оруденения в геологической среде, так и локальных особенностей форм проявления оруденения и различных типов и видов контроля его локализации. ГИС-пакет имеет слоевую структуру, в которой каждый тематический слой, представляющий то или иное свойство рудовмещающей среды (геохимические и геофизические поля, дистанционные характеристики), включён в систему совместного пространственного анализа его составных компонентов в целях выявления общности и раз-

личий совокупной геологической обстановки в различных элементах геологической структуры исследуемых рудных полей. В комплект, кроме имеющихся тематических слоёв геологической, геохимической и геофизической нагрузки, входят также слои, более детально характеризующие отдельные геохимические и геофизические свойства рудовмещающих формаций и содержащие информацию о глубинном строении, электрических и магнитных свойствах перспективных участков. Слои с учётом пространственных соотношений их элементов с прямыми признаками рудоносности (рудные месторождения и проявления, рудная минерализация и окolorудные изменения и др.) используются для определения потенциала выявления скрытых промышленных объектов в виде участков, ранжированных по степени перспективности.

Приведённая технология и методические подходы применены ЦНИГРИ при выполнении базовых проектов ГРП Роснедра в 2009–2017 гг.

В пределах **Рудноалтайской МЗ** в 2009–2012 гг. выполнены опережающие геолого-геофизические работы для обоснования переоценки перспектив полиметаллического оруденения Рудного Алтая (Алтайский край), в которых участвовали семь организаций, основными из которых были ЦНИГРИ, СНИИГиМС и РАЭ. Месторождения Рудноалтайской МЗ связаны с образованием базальтсодержащей риолитовой известково-кремнисто-терригенной формации эмс-раннеживетского возраста или базальт-риолитовой кремнисто-терригенной позднего живета – раннего франа. Анализ обстановки локализации разноранговых объектов показывает, что в металлогенических зонах рудноалтайского типа рудные районы эквивалентны структурно-формационным блокам, представляющим собой крупные вулканотектонические депрессии, выполненные отложениями одной рудоносной формации [3]. В результате этих работ выделены перспективные площади для детализационных поисковых исследований, которые по перспективности были разделены на три группы. Для каждой из площадей оценивались прогнозные ресурсы по категории Р<sub>3</sub> и предполагаемая глубина локализации рудных тел. Сейчас заканчивается опоискование перспективных площадей первой очереди и встаёт вопрос о проведении повторных прогнозно-минерагенических исследований в Золотушинском и Рубцовском рудных районах.

В пределах Змеиногорского рудного района выделены Вересухинско-Комиссаровская, Змеиногорско-Берёзовогорская, Новокузнецовская и Холодная перспективные площади.

В 2012–2014 гг. работы проводились по проекту Роснедра «Поиски полиметаллического оруденения рудноалтайского типа на Вересухинско-Комиссаровской площади Змеиногорского рудного района (Алтайский край)». В результате ранее апробированные ресурсы категории  $P_3$  переведены в ресурсы категории  $P_1$  для Каменского и Комиссаровского рудопроявлений и  $P_2$  для Зайцевского.

В 2013–2015 гг. – осуществлены исследования по проекту «Поисковые работы на золото-серебро-полиметаллическое оруденение в пределах Змеиногорско-Берёзовогорской площади в Змеиногорском рудном районе (Алтайский край)». Здесь развита риолитовая известково-кремнисто-терригенная рудоносная формация эмс-раннеживетского цикла вулканизма (эмс-раннеживетский уровень оруденения), с которым связано формирование золото-серебросодержащих свинцово-цинковых месторождений. Были выделены три рудных поля: Змеиногорское, Берёзовогорское, Кандидатское (рис. 1).

В 2015–2017 гг. – по проекту «Поисковые работы на золото-серебросодержащее полиметаллическое оруденение в пределах Новокузнецовской площади в Змеиногорском рудном районе (Алтайский край)» локализованы шесть зон колчеданно-полиметаллической минерализации и оценены прогнозные ресурсы рудной зоны Давыдовского проявления по категории  $P_1$  и  $P_2$ .

В 2017 г. начаты работы по проекту «Поиски полиметаллического оруденения рудноалтайского типа на Краснореченской площади Рубцовского рудного района (Алтайский край)». В 2018 г. планируются исследования по проекту «Поисковые работы на золото-серебросодержащее полиметаллическое оруденение в пределах Холодной площади Змеиногорского рудного района (Алтайский край)».

На Змеиногорско-Берёзовогорской площади выделены Петровский, Восточно-Майский, Центрально-Берёзовогорский, Привет, Головинско-Ганковский поисковые участки. Для них составлены литолого-стратиграфические, литолого-фациальные и геохимические карты, а также разрезы м-ба 1:5000–1:2000. Определён вещественный состав пород, руд, околорудных метасоматитов. Наиболь-

ший интерес представляют Петровский, Восточно-Майский, Центрально-Берёзовогорский участки.

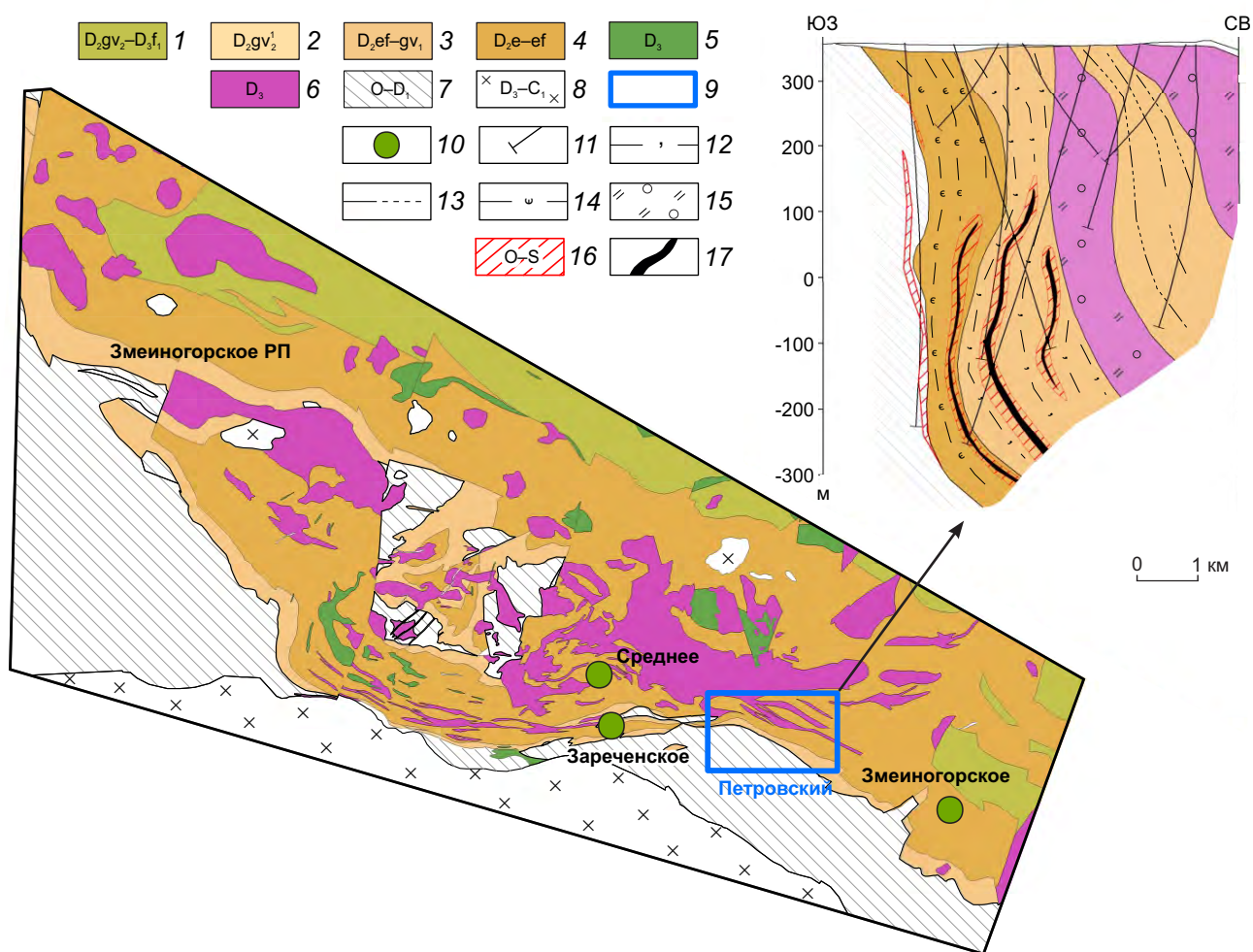
Петровский участок соответствует прогнозно-поисковой модели Зареченского и Среднего месторождений. Две рудные зоны локализованы в пределах пород мельничной и одна – заводской свит. Форма рудных зон пластовая или линзовидная, общая протяжённость до 1500 м по простиранию и до 700 м по падению при мощности от 1 до 27 м. Минерализация представлена вкрапленностью, гнёздами, прожилками сфалерита и галенита с пиритом (см. рис. 1). Участок готов к лицензированию. Прогнозные ресурсы отвечают крупному объекту. Расположение вблизи действующего Зареченского ГОКа повышает его инвестиционную привлекательность.

В пределах **Приаргунской МЗ** проведены работы на Кличкинской и Александрово-Заводской площадях, в результате которых обнаружены месторождения Талман и Кодак.

В 2017 г. начаты исследования по проекту «Поисковые работы на золото-полиметаллическое оруденение в пределах Савва-Борзинского рудного узла (Забайкальский край)». В 2018 г. планируются работы по проекту «Поисковые работы на полиметаллическое золото-серебросодержащее оруденение в пределах Ивановского рудного поля (Забайкальский край)».

В 2015–2017 г. в рамках проекта «Поисковые работы с оценкой перспектив золото-полиметаллического оруденения основных рудных районов и узлов Приаргунской структурно-формационной зоны (Забайкальский край)» ЦНИГРИ совместно с «Читагеологоразведка» проведено металлогеническое районирование с выделением рудных районов и узлов и ранжированием их по степени перспективности. В результате оконтурены 19 рудных узлов, семь из которых отнесены к первоочередным. Работы позволили локализовать перспективные площади в ранге рудных полей для постановки поисковых работ, апробировать прогнозные ресурсы категории  $P_2$ .

В Приаргунской МЗ рудоносными (рудовмещающими) являются средне-верхнеюрские терригенно-вулканогенные отложения и венд-кембрийские карбонатно-терригенные, перспективные на колчеданно-полиметаллические месторождения в осадочно-вулканогенных породах (нойон-Тологойский тип) и свинцово-цинково-колчеданные в терригенно-карбонатных породах (приаргунский тип)



**Рис. 1. СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ СХЕМА ЗМЕИНОГОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И РАЗРЕЗ ПЕТРОВСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ:**

*геологические формации:* 1 – рудовмещающая базальт-риолитовая кремнисто-терригенная, 2–4 – рудовмещающая базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная (2 – верхняя, 3 – средняя, 4 – нижняя субформации), 5 – габбро-диабазовая, 6 – риолит-дацитовая (субвулканическая), 7 – подрудная известково-терригенная метаморфизованная, 8 – габбро-диорит-плагиигранит-гранитовая интрузивная; 9 – контур Петровского участка; 10 – свинцово-цинковые колчедансодержащие месторождения; 11 – скважины; 12 – алевролиты кремнистые; 13 – чередование алевролитов, аргиллитов, песчаников; 14 – чередование туфов кислого состава, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов; 15 – туфы риодацитового состава грубообломочные; 16 – зоны минерализации; 17 – рудные тела

соответственно [6]. Для детализации в пределах рудных районов и узлов на основе анализа эталонных моделей и комплекта карт в ГИС-пространстве выделены перспективные площади в ранге рудных полей.

На территории перспективных рудных полей «Читагеологоразведка» и ЦНИГРИ выполнен комплекс детальных (геофизических, геохимических, горно-буровых) работ, дана оценка их перспективности, выявлены минерализованные полиметал-

лические зоны с оруденением. В частности, на Ивановском рудном поле скважинами в брекчированных окварцованных, сульфидизированных, лимонитизированных сланцах, известняках вскрыта полиметаллическая минерализованная зона мощностью ~100 м с неравномерно развитой пиритсфалеритовой, реже галенитовой прожилково-вкрапленной рудой. Выделены рудные тела с содержанием условного цинка от 2,48 до 15,5%. Мощности рудных тел составляют 1,0–27,0 м.

Наибольший интерес для прогнозно-минерогенических исследований в Приаргунской МЗ представляют Кличкинский и Калгуканский рудные районы, а также Кадаинский рудный узел.

В 2015–2017 гг. СНИИГГиМС вместе с ЦНИГРИ в рамках проекта «Поисковые работы с оценкой перспектив колчеданно-полиметаллического с золотом оруденения основных рудных районов и узлов **Салаирской металлогенической зоны**» по представленной выше методике выделены перспективные площади в ранге рудных полей (Огнево-Заимковская, Вершинно-Каменушинская, Ускандинская и др.), для которых оценены прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_3$ . Колчеданно-полиметаллическое оруденение в указанных рудных районах и узлах установлено на двух основных стратиграфических уровнях в нижнекембрийских печеркинских вулканогенно-осадочных отложениях (снизу вверх): в нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации и в контрастной базальт-риолитовой формации [9].

Анализ распространения жерловых, околожерловых, промежуточных и удалённых фаций вулканогенно-осадочных пород в Огнево-Романовском рудном районе показывает, что в пределах крупной вулкано-тектонической депрессии выделяются две более мелкие вулканические постройки (западная – Романовская и восточная – Огневская), определяющие положение прогнозируемых рудных полей, к которым приурочен верхний уровень колчеданно-полиметаллического оруденения.

Наиболее перспективна Огнево-Заимковская площадь (рудное поле), приуроченная к вулканической впадине, сложенной нижнекембрийскими вулканогенно-карбонатно-терригенными образованиями. Всего на участке выделяются две рудные зоны с золото-серебросодержащим колчеданно-полиметаллическим типом оруденения. Руды состоят из сфалерита, галенита, халькопирита, пирита. Мощность зон 16 и 9 м, содержание условного цинка в рудах 6,03 и 6,81% соответственно, серебра 81–147, золота до 0,3 г/т.

Первоочередные прогнозно-минерогенические работы в Салаирской МЗ необходимо провести на территории Ускандинско-Сухарноложского и Романовского рудных узлов.

В 2017 г. ЦНИГРИ совместно с АО «Сибирское ПГО» начаты работы по проекту «Поисковые ра-

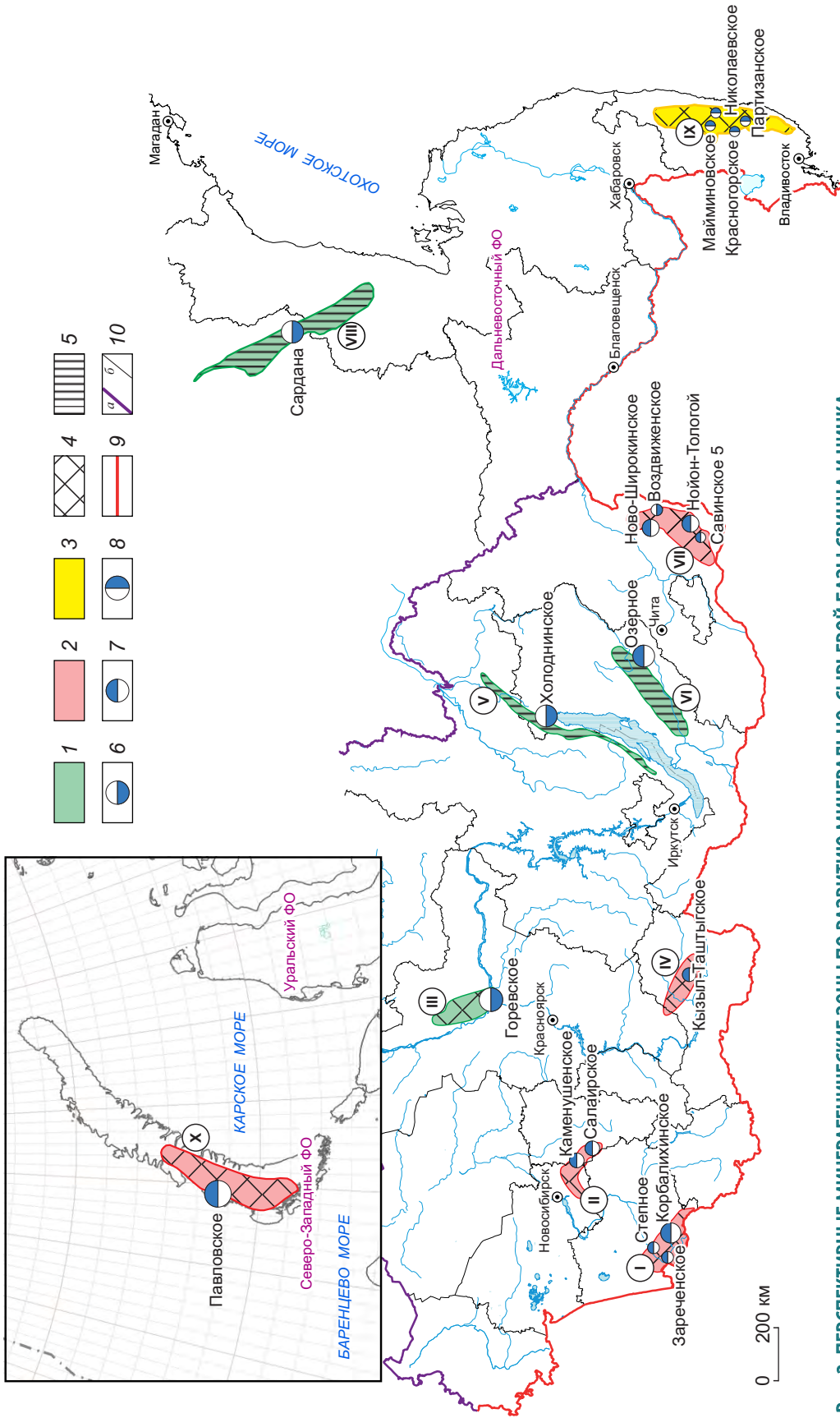
боты на свинцово-цинковое оруденение в пределах Морянихинской площади в Ангарском рудном районе (Красноярский край)». Они охватывают значительную часть **Морянихинского рудного узла** и также могут считаться аналогом прогнозно-минерогенических исследований. Рудный узел характеризуется развитием отложений нижнего сухопитского и верхнего тунгусикского комплексов. Рудоносными являются вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенная и углеродисто-кремнисто-карбонатная формации ( $R_3$ ) низов тунгусикского комплекса, специализированные соответственно на цинково-свинцовое, стратиформное свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение. Рудоносные формации образовались в зоне шельфа. Вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенные отложения накапливались на склонах и в привершинных частях палеоподнятий, сложенных формациями сухопитского комплекса. Синхронно с ними в сопряжённых палеопрогибах происходило накопление углеродисто-кремнисто-карбонатной формации, т.е. две рудоносные формации находятся по отношению друг к другу в латеральном ряду. Основные рудоконтролирующие структуры – палеопрогибы и биогермные постройки на склонах палеоподнятий, которые в совокупности с рудоносными субформациями, выполняющими их, определяют площади рудных полей.

В настоящее время на Сухопитском участке пробурены поисково-картировочные скважины. В одной из скважин выявлены шесть рудных тел, имеющих промышленный интерес. Скважинная мощность рудных тел 3–37 м, суммарная мощность по скважине 135,4 м. Среднее содержание Pb в рудах варьирует от 0,01 до 3,0%, Zn – от 3,5 до 7,8%. Повсеместно в рудах повышено содержание серебра (среднее от 1,0 до 40 г/т, максимальное 155 г/т). Рудные тела сложены массивными и полосчатыми галенит-сфалеритовыми рудами (сфалерит преобладает) с неравномерной гнездовой вкрапленностью галенита и гнездово-прожилковым распределением пирита.

Дальнейшие прогнозно-минерогенические работы необходимо проводить в пределах Ангарского (за исключением Морянихинского рудного узла) и Большепитского рудных районов.

В настоящее время в ЦНИГРИ выделяются и обосновываются площади для прогнозно-минерогенических работ в пределах **Улугойской МЗ**. Рудовмещающие нижнекембрийские (рифейские)





**Рис. 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ЗОНЫ ПО РАЗВИТИЮ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СВИНЦА И ЦИНКА:**

приоритет по возможности выявления прогнозных ресурсов высокой категории: 1 – очень высокий, 2 – высокий, 3 – средний; очередность постановки прогнозно-минерагенических исследований: 4 – 1-я очередь (минерагенические зоны, в которых есть действующие ГОКи с низкой обеспеченностью активными запасами и недостаточным количеством прогнозных ресурсов высоких категорий), 5 – 2-я очередь (минерагенические зоны, в которых планируется введение в строй ГОКов, с высокой обеспеченностью активными запасами и низкой обеспеченностью запасов ресурсами высоких категорий); типы месторождений: 6 – (медно)-свинцово-цинковый колчеданный в терригенно-вулканогенных породах, 7 – медно-свинцово-цинковый колчеданный и свинцово-цинковый колчеданный в осадочно-вулканогенных породах, 8 – жильный и скарново-жильный; 9 – граница Российской Федерации; 10 – границы федеральных округов (б), субъектов (б) РФ; минерагенические зоны: I – Рудноалтайская, II – Салаирская, III – Ангаро-Большепитская, IV – Улугуйская, V – Олоkitская, VI – Еравнинская, VII – Приаргунская, VIII – Кылакская, IX – Кемско-Таухинская, X – Центрально-Новоземельская



вулканогенные породы зоны относятся к контрастной базальт-риолитовой формации. В местах сочленения синвулканических долгоживущих разрывных структур находятся участки повышенной проницаемости для магматических расплавов и гидротермальных растворов. Здесь в раннем кембрии сформировались вулканические постройки, представленные телами риодацитов жерловой фации. Колчеданно-полиметаллические месторождения локализованы в вулканических впадинах, расположенных на склоне или в надкупольной части вулканических аппаратов. На основании предварительного анализа на территории МЗ выделены три рудных района, в которых следует провести прогнозно-минерагенические исследования: Кызыл-Таштыгский, Кызыл-Ташский и Оттугайгинский (прогнозируемый).

В заключение отметим, что только стадийный характер геологоразведочного процесса, использование современных технологий и методов поисков, а также наличие высококвалифицированных исполнителей (совместная работа ведущих геологоразведочных и научно-исследовательских организаций, обладающих необходимым кадровым

составом) позволят в ближайшие годы повысить эффективность поисковых и прогнозно-минерагенических работ. Помимо описанных выше минерагенических зон, интерес для развития МСБ свинца и цинка и прогнозно-минерагенических исследований представляют следующие зоны (рис. 2):

**Олокитская МЗ** имеет очень высокую перспективность, относится к 2-й очереди, поскольку здесь находится крупное Холоднинское месторождение;

**Еравнинская и Кыллахская МЗ** имеют очень высокую перспективность, относятся к 2-й очереди, в их пределах расположены и ещё не введены в эксплуатацию крупные месторождения Озёрное и Сардана соответственно;

**Кемско-Таухинская МЗ** имеет среднюю перспективность, относится к 1-й очереди, на её территории отработаны и эксплуатируются практически все полиметаллические месторождения;

**Центрально-Новоземельская МЗ** имеет высокую перспективность, относится к 1-й очереди, так как введение в эксплуатацию Павловского месторождения не обеспечит рентабельную работу ГОКа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
2. *Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Михайлов Б.К.* Ресурсы, запасы, стадийность геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые // Отечественная геология. 2003. № 2. С. 16–23.
3. *Кузнецов В.В., Кудрявцева Н.Г., Серавина Т.В.* Металлогения и обстановки локализации колчеданно-полиметаллических месторождений в российской части Рудного Алтая // Мат-лы I Научно-практической конференции «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири». Новосибирск, 2014. С. 83–87.
4. *Кузнецов В.В., Серавина Т.В., Корчагина Д.А.* Минерально-сырьевая база и обстановки локализации полиметаллических месторождений Сибири // Руды и металлы. 2017. № 1. С. 19–32.
5. *Месторождения колчеданного семейства.* Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, О.В.Минина, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
6. *Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны* / В.В.Кузнецов, А.И.Брель, Н.Н.Богославец и др. // Отечественная геология. 2018. № 2. С. 32-43.
7. *Методика прогноза и поисков месторождений цветных металлов* / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
8. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов.* Вып. «Свинец и цинк» / Под ред. Г.В.Ручкина. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
9. *Особенности и условия накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия (Салаирский кряж)* / Т.В.Серавина, А.В.Инякин, В.В.Кузнецов и др. // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 22–30.
10. *Параметрические геолого-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений.* Атлас / Г.В.Ручкин, И.П.Пугачева, В.Д.Конкин и др. – М.: ЦНИГРИ, 1993.
11. *Прогнозно-поисковые комплексы.* Вып. IV. Комплексование работ по прогнозу и поискам месторождений свинца и цинка в вулканогенных формациях / Под ред. Е.И.Филатова. – М.: ЦНИГРИ, 1983.
12. *Серавина Т.В.* Положение колчеданно-полиметаллических месторождений Сибири в вулканогенном разрезе (на примере Рудноалтайской, Салаирской, Кызылташтыгской и Приаргунской минерагенических зон) // Мат-лы научной школы «Металлогения древних и современных океанов–2018. Вулканизм и рудообразование». Миасс, 2018. С. 104–108.

## EXPERIENCE AND RESULTS OF FORECASTING AND PROSPECTING FOR PYRITE-POLYMETALLIC DEPOSITS (2009–2017)

T.V.Seravina, V.V.Kuznetsov

(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*The tasks for the reproduction of lead and zinc mineral base (MB) can be solved by performing prospecting and forecasting-mineragenic research in order to strengthen the raw material base of operating enterprises in the old mining regions. Forecasting-mineragenic concepts are based on forecasting-prospecting models and forecasting-prospecting complex (FPC). In terms of its content, combination of methods and the order of its setting, the forecasting-prospecting complex is considered for two stages: I – forecasting-mineragenic studies and II – prospecting for deposits. Compilation of a set of maps showing polymetallic mineralization distribution and forecast patterns, as provided by the FPC, includes the formation and analysis of a GIS maps package. The GIS package has a layer structure in which each thematic layer represents one or another property of the ore-hosting environment. Technology and methodological approaches based on forecasting-prospecting models and FPC were applied by TsNIGRI together with a number of other organizations in the implementation of basic Rosnedra projects in 2009–2017. These works made it possible to identify new deposits and estimate their inferred resources in Rudnoaltaiskaya, Priargunskaya, Salairskaya and Angara-Bolshepitskaya mineragenic zones (MZ), and justify preparation of areas for forecasting-mineragenic works within the Ulugovskaya MZ.*

*Keywords: MB, lead and zinc, forecasting-prospecting models, forecasting-prospecting complex (FPC), a set of maps, GIS package.*

## ПОДПИСЧИКАМ

### ПОДПИСКА В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

по каталогу «Газеты. Журналы» Агентства «Роспечать»  
(индекс 47218)

### ПОДПИСКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА

на сайте Научной Электронной Библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

Вышедшие номера журнала можно приобрести в редакции:

Адрес: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

Контактный телефон: 8 (495) 315-28-47. Факс: 315-43-47

E-mail: [rudandmet@tsnigri.ru](mailto:rudandmet@tsnigri.ru), [rudandmet@yandex.ru](mailto:rudandmet@yandex.ru)

Периодичность – 4 номера в год. Цена подписки на год 1200 рублей