

## МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ОБСТАНОВКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИБИРИ

В.В.Кузнецов,  
Т.В.Серавина,  
Д.А.Корчагина

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

*Рассмотрено состояние минерально-сырьевой базы свинца и цинка Сибири. Проанализировано состояние запасов и прогнозных ресурсов различных категорий. Наиболее перспективные регионы Российской Федерации для наращивания сырьевой базы свинца и цинка – Рудный Алтай, Забайкалье, Енисейский край, Салаир. Они характеризуются развитой инфраструктурой, здесь сосредоточены основные горнодобывающие предприятия. По результатам изучения обстановок локализации и образования рудных полей и месторождений Сибири выделены перспективные площади для постановки геологоразведочных работ. Представлен комплекс методов для их реализации на основании разработки прогнозно-поискового комплекса.*

*Ключевые слова: свинец, цинк, минерально-сырьевая база, запасы, прогнозные ресурсы, Сибирь.*

Основные запасы цинка (71% от суммарных балансовых запасов РФ) учтены в 46 месторождениях, расположенных на территории Сибирского ФО. Степень разведанности и освоения запасов высокая: запасы промышленных категорий составляют 69,5%. В распределённом фонде РФ находятся 78 месторождений (88,4% балансовых запасов цинка), из них 40 разрабатываются (13% запасов), 33 (75,4% запасов) подготавливаются к освоению (рис. 1, а, табл. 1). Добыча цинка в 2014 г. составила 352,5 тыс. т. Погашение запасов цинка не компенсировано их приростом (коэффициент компенсации 0,49).

Основные запасы свинца (80,8% от суммарных разведанных балансовых запасов России) сосредоточены в 44 месторождениях Сибирского ФО (см. рис. 1, б, табл. 1). Добыча свинца в 2014 г. составила 239 тыс. т. Погашение запасов свинца в 2014 г. не компенсировано их приростом (коэффициент компенсации 0,91). Объём добычи свинца и цинка обеспечивает внутреннее потреб-

ление и позволяет их экспортировать в ряд развивающихся стран.

Стратегией развития чёрной и цветной металлургии до 2030 года (Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 05.05.2014 № 839) и текущей Государственной программой воспроизводства и использования природных ресурсов (Постановление Правительства РФ от 30.06.2004 № 322) предполагается увеличение спроса цинка (по среднему сценарию) до 128%, свинца до 130%, что повлечёт за собой рост добычи и, как следствие, исчерпание запасов. Наиболее перспективные регионы РФ для наращивания сырьевой базы свинца и цинка – Рудный Алтай, Забайкалье, Енисейский Край, Салаир. Они имеют развитую инфраструктуру, в их пределах находятся основные горнодобывающие предприятия.

**Рудноалтайская металлогеническая зона (Алтайский край).** Юго-западная, пограничная с Республикой Казахстан, часть Алтайского края –

один из старейших районов добычи полиметаллов (меди, свинца, цинка) с сопутствующими золотом и серебром (рис. 2). Здесь создана крупная минерально-сырьевая база цветной металлургии (табл. 2). К нераспределённому фонду недр относятся в основном мелкие и средние месторождения Захаровское, Лазурское, Майское, Петровское, Семёновское, Среднее, Юбилейное с суммарными запасами руды по кат. А+В+С<sub>1</sub> 24 096 тыс. т (Pb 591,6, Zn 1296,6 тыс. т, Au 22 564 кг).

Обеспеченность добычи запасами критическая, составляет по Степному, Зареченскому и Рубцовскому месторождениям от 6 до 1,5 лет. Даже подготовленное к освоению Корбалихинское месторождение (при проектной добыче 1000 тыс. т руды в год) обеспечено на 22 года. При этом следует учитывать, что запасы руды центрального участка (глубина отработки 100–300 м) составляют 1/3 запасов, а 2/3 сосредоточены в северо-западном участке на глубинах 500–800 м. Апробированные к настоящему времени прогнозные ресурсы кат. P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub> недостаточны для подготовки значительного количества балансовых запасов.

Месторождения Рудноалтайской металлогенической зоны связаны с образованием геологической базальтсодержащей риолитовой известково-кремнисто-терригенной формации эмсраннеживетского возраста, в которой вулканы кислого состава преобладают над вулканидами основного состава, а осадочная составляющая – над вулканогенной или базальт-риолитовой кремнисто-терригенной формацией позднего живета – раннего франа. В рудах месторождений содержатся примерно в равных долях свинец и медь (при некотором преобладании свинца) и повышено количество цинка [1, 5].

Анализ обстановок локализации разноранговых объектов показывает, что в металлогенических зонах рудноалтайского типа рудные районы эквивалентны структурно-формационным

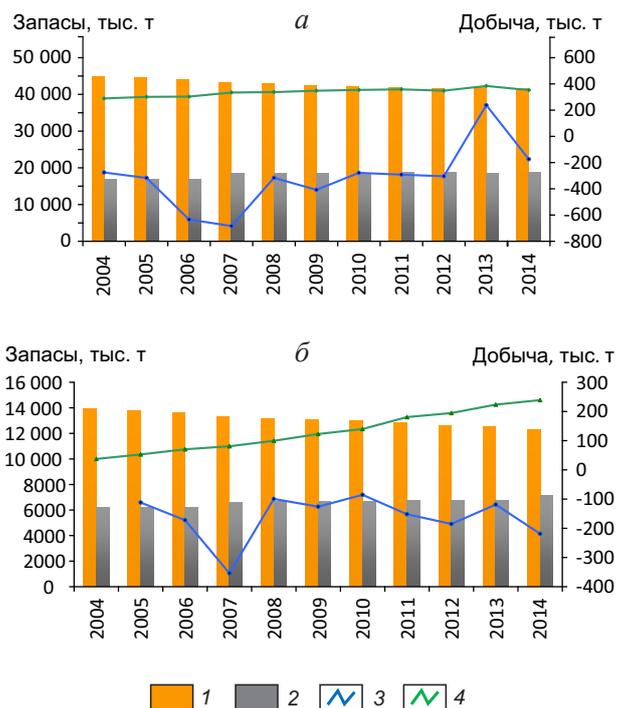


Рис. 1. Динамика прироста и погашения запасов месторождений цинка (а), свинца (б) в 2004–2014 гг.:

1 – запасы категорий А+В+С<sub>1</sub>; 2 – запасы кат. С<sub>2</sub>; 3 – прирост запасов кат. А+В+С<sub>1</sub> на разрабатываемых месторождениях; 4 – погашение запасов кат. А+В+С<sub>1</sub> на разрабатываемых месторождениях

блокам, которые представляют собой крупные вулканотектонические депрессии, выполненные отложениями одной рудоносной формации. Среди них выделяются краевые и внутренние депрессии. Рудные поля в сложнопостроенных вулканотектонических депрессиях, контролирующими рудные районы, занимают различное положение. Выделяют три типа депрессий – межвулканические, надвулканические и склоновые, отличающиеся друг от друга морфологией, размерами и составом выполняющих их отложений. Внутренняя структура депрессий

### 1. Состояние МСБ цинка и свинца России на 01.01.2015

Типы месторождений	Запасы по категориям, тыс. т			Распределённый фонд запасов, %			Прогнозные ресурсы по категориям, тыс. т		
	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Цинк	41 697,5	18 642,7	60 340,2	89,7	90,4	89,9	9700	32 400	64 500
Свинец	12 284,3	7154,2	19 438,5	87,3	84,4	86,2	2700	9800	27 500

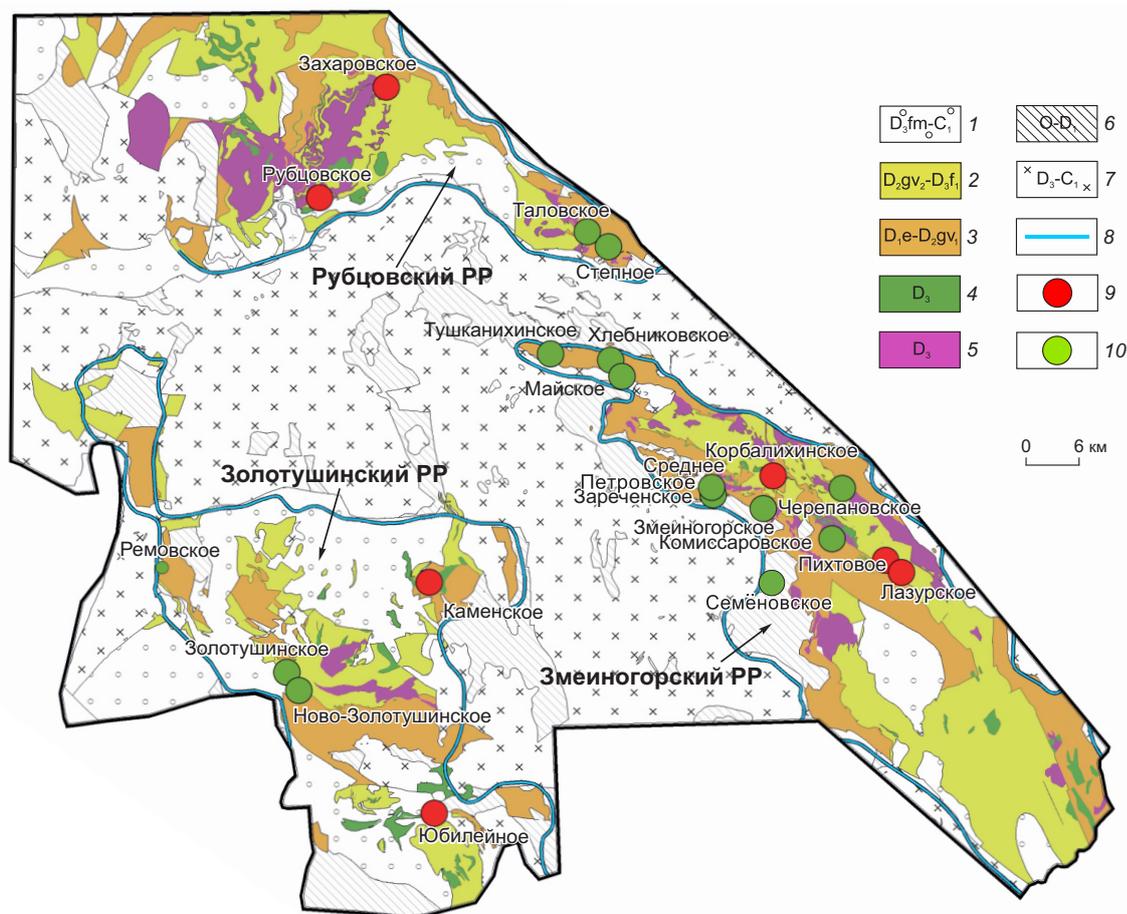


Рис. 2. Структурно-формационная схема районирования юго-западной части Рудноалтайской СФЗ:

геологические формации: 1 – надрудная без расчленения, 2–5 – рудовмещающие (2 – базальт-риолитовая кремнисто-терригенная, 3 – базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная, 4 – габбро-диабазовая, 5 – риолит-дацитовая субвулканическая), 6 – подрудная известково-терригенная метаморфизованная, 7 – габбро-диорит-плагιοгранит-гранитовая интрузивная; 8 – границы рудных районов (РР); месторождения и рудопроявления медно-свинцово-цинково-колчеданные (9), свинцово-цинково-колчеданные (10)

осложнена небольшими экструзивными и лавовыми куполами, потоками, сопряжёнными с ними мелкими некомпенсированными впадинами, заполненными промежуточными, удалёнными, нередко кремнистыми фациями, отвечающими месторождениям. Впадины, вмещающие месторождения, занимают надкупольное, склоновое или надвулканическое положение, в том числе на бортах рифогенных построек. Различаются дистальные и проксимальные впадины в зависимости от наличия или отсутствия зоны подводящего канала.

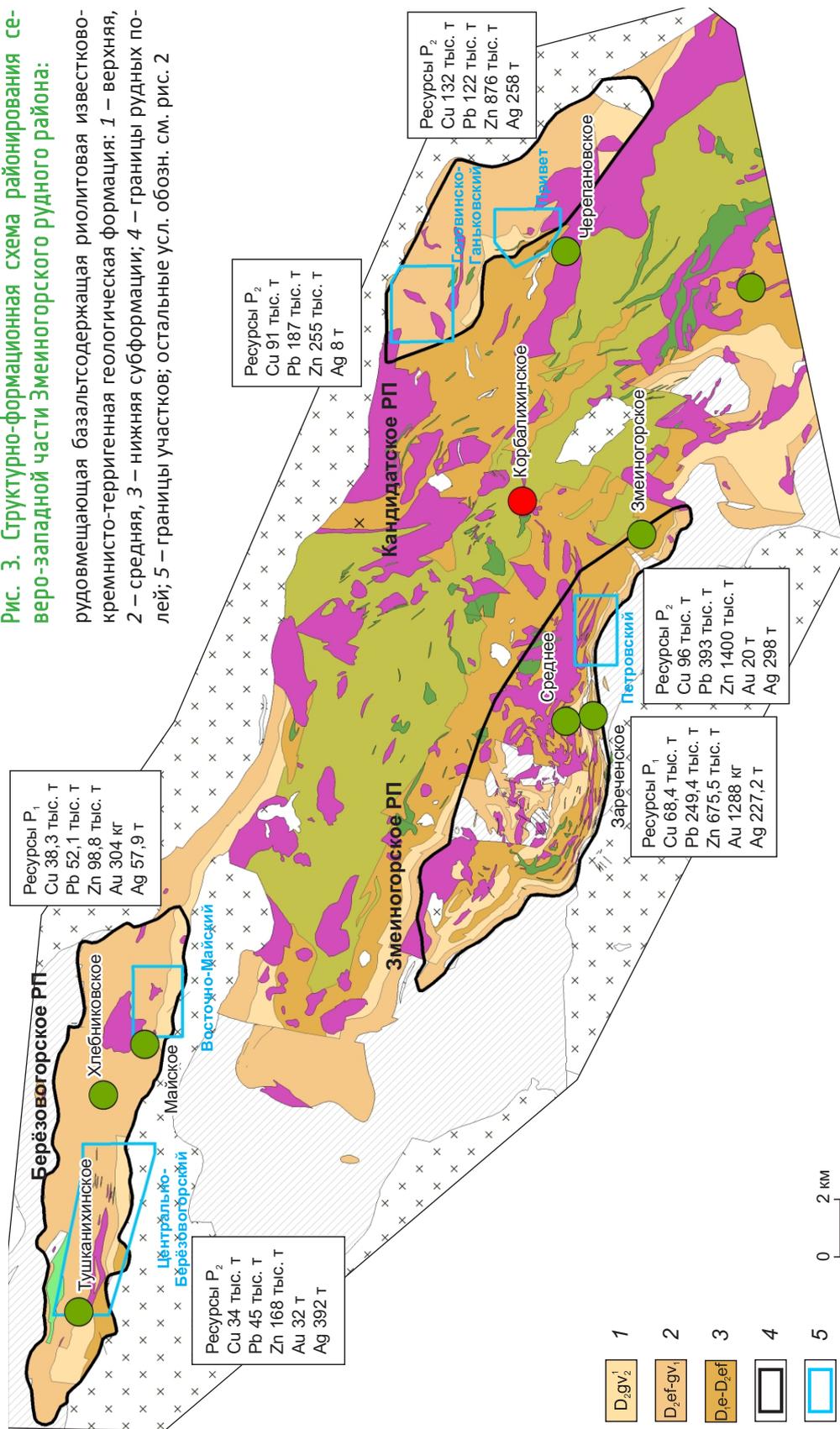
По результатам анализа обстановок локализации месторождений и комплекса геолого-геофизических исследований [5] установлена высо-

кая перспективность Рудного Алтая на выявление новых объектов. Так, в пределах Зmeinогорского рудного района выделены Зmeinогорско-Берёзовогорская, Вересухинско-Комиссаровская, Новокузнецовская и Лазурская перспективные площади. В пределах Зmeinогорско-Берёзовогорской площади (рис. 3) развита риолитовая известково-кремнисто-терригенная рудоносная формация эмс-раннеживетского цикла вулканизма (эмс-раннеживетский уровень оруденения), с которым связано формирование золото-серебросодержащих свинцово-цинковых месторождений.

На основании анализа совмещённых слоёв комплектов прогнозных карт (литолого-фациаль-

**Рис. 3. Структурно-формационная схема районирования северо-западной части Змеиногорского рудного района:**

рудовмещающая базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная геологическая формация: 1 – верхняя, 2 – средняя, 3 – нижняя субформации; 4 – границы рудных полей; 5 – границы участков; остальные усл. обозн. см. рис. 2



## 2. Балансовые запасы и погашение запасов в месторождениях Рудно-Алтайской металлогенической зоны

Месторождения	Запасы в недрах по кат. А+В+С <sub>1</sub> (на 01.01.2015) Содержание металлов						Погашение запасов					
	Руда	Pb	Zn	Cu	Au	Ag	Руда	Pb	Zn	Cu	Au	Ag
	тыс. т	тыс. т %	тыс. т %	тыс. т %	кг г/т	т г/т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	кг	т
Распределённый фонд недр	28 443	767,7	2855,7	434,6	18 157	1723,5	768	21,8	40,4	11	914	68,3
<i>Разрабатываемые</i>												
ОАО «Сибирь-Полиметаллы»												
Зареченское	323	$\frac{21,8}{6,75}$	$\frac{22,6}{8,3}$	$\frac{5,6}{1,73}$	$\frac{7723}{15,4}$	$\frac{281,1}{621,9}$	116	2,2	3,1	0,9	510	23,2
Корбалихинское	23 117	$\frac{465,2}{2,01}$	$\frac{2270,1}{9,82}$	$\frac{337,5}{1,46}$	$\frac{8084}{0,35}$	$\frac{1254,3}{54,26}$	62	1,2	3,6	0,6	29	4,1
Рубцовское	87	$\frac{34,8}{6,56}$	$\frac{70,5}{13,32}$	$\frac{14,1}{2,66}$	$\frac{98}{1,85}$	$\frac{22,3}{115,1}$	198	8,4	13,7	5,7	206	26,1
ОАО «Уралэлектромедь»												
Степное	2381	$\frac{110,2}{4,63}$	$\frac{212,5}{8,92}$	$\frac{30,1}{1,26}$	$\frac{1592}{0,4}$	$\frac{136,5}{35,4}$	392	10	20	3,8	169	14,9
<i>Подготавливаемые к освоению</i>												
Таловское	2535	$\frac{135,7}{5,35}$	$\frac{280}{11,05}$	$\frac{47,3}{1,87}$	$\frac{660}{0,26}$	$\frac{29,3}{34,5}$	-	-	-	-	-	-

ных, рудной нагрузки, геофизических, геохимических) в пределах Змеиногорско-Берёзовогорской площади выделены Петровский, Восточно-Майский, Центрально-Берёзовогорский, Привет, Головинско-Ганьковский поисковые участки. Для них составлены литолого-стратиграфические, литолого-фациальные, геохимические карты и разрезы м-ба 1:5000–1:2000. Определён вещественный состав пород, руд, околорудных метасоматитов. Для выявления вторичных наложенных ореолов рассеяния над полиметаллическими объектами применена методика частичного извлечения рудных и петрогенных химических элементов азотнокислотными вытяжками с масс-спектрометрическим анализом с индуктивно связанной плазмой полученных растворов, что в комплексе с геофизическими исследованиями методом зондирования становлением поля от закреплённого источника позволило уточнить места заложения поисковых скважин. Наибольший интерес в настоящее время представляют Петровский, Восточно-Майский, Центрально-Берёзовогорский участки.

*Петровский участок* соответствует прогнозно-поисковой модели Зареченского и Среднего месторождений, причём степень сходства весьма высокая. Две рудные зоны локализованы в пределах пород мельничной и одна – заводской свит. Форма рудных зон пластовая или линзовид-

ная, общая протяжённость до 1500 м по простиранию и до 700 м по падению при мощности от 1 до 27 м. Зоны сопровождаются серицит-кварцевыми и кварц-серицитовыми метасоматитами. Минерализация представлена вкрапленностью, гнездами и прожилками сфалерита и галенита с пиритом, реже галенитом. Участок готов к лицензированию. Прогнозные ресурсы отвечают крупному объекту. Расположение вблизи действующего Зареченского ГОКа повышает его инвестиционную привлекательность.

*Восточно-Майский участок* соответствует прогнозно-поисковой модели Майского месторождения. При поисковом бурении на участке выявлена зона рудной минерализации. Она прослежена между поисковыми линиями V и X по простиранию на расстояние ~1500 м, по падению до 300 м. Её характерная черта – чёткая минералого-геохимическая зональность в виде смены с юго-востока на северо-запад полиметаллической минерализации медно-колчеданной. Сульфиды образуют вкрапленные, гнездово-вкрапленные, прожилковые, реже массивные текстуры, причём прожилки более характерны для верхних уровней, а массивные сульфиды встречаются на глубине, где, как и прожилки, перемежаются с вкрапленными участками. Лицензирование объекта возможно совместно с Майским месторождением. На последнем не-

обходимо провести перестройку разрезов и пересчёт запасов. Как показывает проведённая переоценка между 8 и 12 профилями, это позволит нарастить запасы металлов почти на 50%.

На *Центрально-Берёзовогорском участке* проведено бурение, отстроены литолого-фациальные и литолого-стратиграфические разрезы. Двумя скважинами на глубине ~300 м вскрыта рудная минерализация галенит-сфалеритового состава, которая сопоставляется по простиранию с рудой, выявленной на Тушканихинском месторождении. Лицензирование данного объекта целесообразно совместно с названным месторождением. Привлекательная сторона объекта – высокие содержания золота и серебра в рудах (скв. 29, пробуренная по проекту, вскрыла рудную зону мощностью 18,7 м со средним содержанием Au 2,53, Ag 30,53 г/т).

Суммарные апробированные прогнозные ресурсы, выявленные в результате реализации проекта, составили: по кат. P<sub>1</sub> – руды 25,7 млн т, Cu 106,7, Pb 301,5, Zn 774,3 тыс. т, Au 1592 кг, Ag 285,1 т; по кат. P<sub>2</sub> – руды 100,8 млн т, Cu 353, Pb 747, Zn 2699 тыс. т, Ag 956, Au 52 т.

**Приаргунская металлогеническая зона (Забайкальский край)** специализирована на золото-серебро-полиметаллическое оруденение и является одним из известных горнорудных районов России. Запасы и добыча металлов приведены в табл. 3. К нераспределённому фонду недр относятся такие месторождения, как Алгачинское, Благодатское, Воздвиженское, Северо-Акатуевское, Октябрьское, Савинское-5, Покровское, Спасское и др., суммарные запасы руды которых по кат. А+В+С<sub>1</sub> составляют 23 726 тыс. т (Pb 457,1, Zn 367,5 тыс. т, Au 3553, Ag 315,1 кг).

При современном уровне добычи обеспеченность запасами составит пять лет. Проектная мощность вводимого в эксплуатацию Нойон-Тологойского рудника 1,2 млн т руды в год с дальнейшим увеличением до 3 млн т. При достижении максимальной проектной мощности обеспеченность запасами не превысит 12 лет. Таким образом, по Забайкальскому краю обеспеченность запасами свинца и цинка критическая.

Выделяются два формационных типа месторождений: золото-серебро-полиметаллический, связанный с мезозойской вулканогенно-осадочной формацией, и серебро-свинцово-цинковый, локализованный в венд-кембрийских карбонатно-углеродисто-терригенных отложениях [6] (рис. 4).

Для первого типа рудовмещающей (возможно, и рудогенерирующей) служит средне-позднеюрская вулканогенно-кремнисто-терригенная геологическая формация. Соотношение в её составе кремнисто-терригенных и вулканогенных отложений определяется, с одной стороны, близостью вулканических аппаратов (субвулканических отложений, относящихся к жерловым фациям вулканизма), с другой – характером и интенсивностью вулканической активности в пределах рудных полей и месторождений.

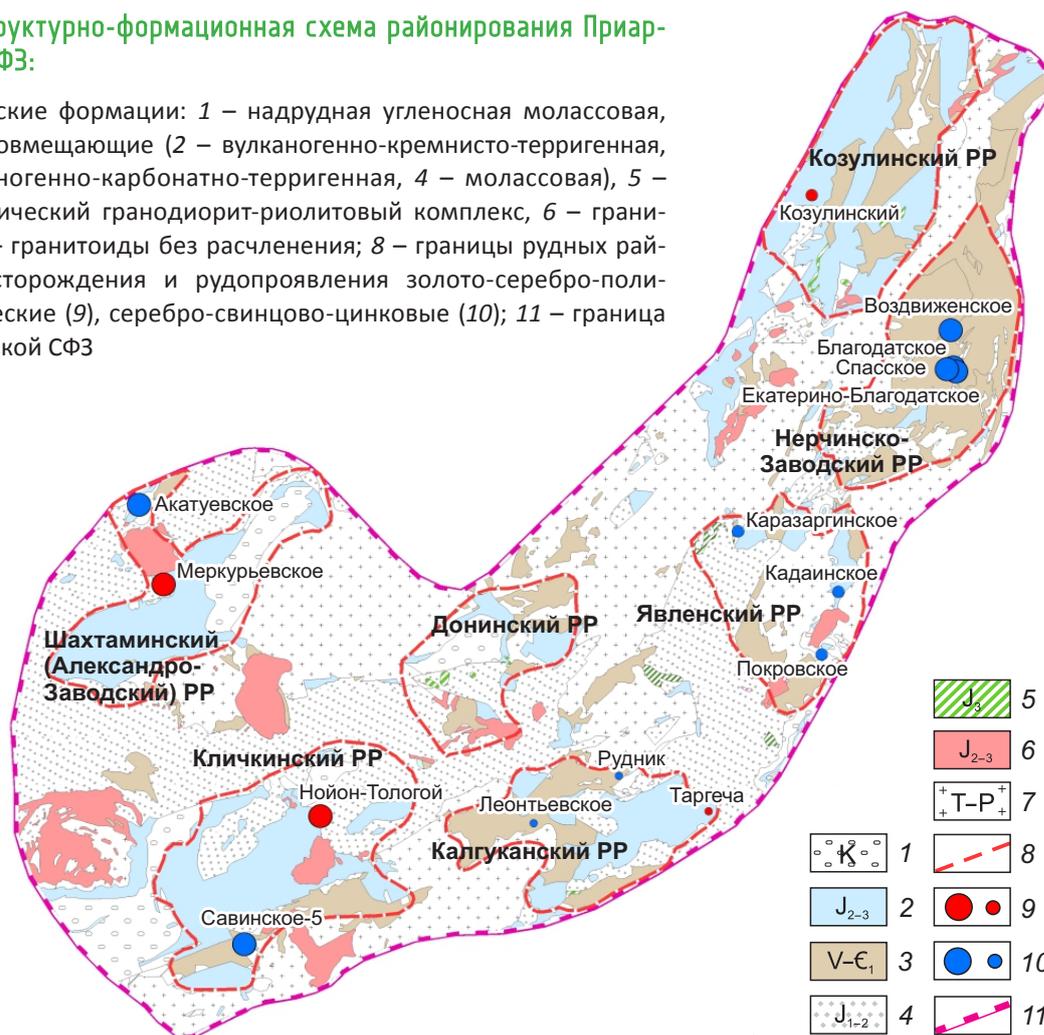
Золото-серебро-полиметаллические или колчеданно-полиметаллические рудные тела представлены стратифицированными и штокверковыми жильными зонами и локализованы в вулканотектонических депрессионных структурах с пологими бортами мульдообразной формы. Становление комплекса вулканогенных пород сопровождалось развитием синвулканических разрывных нарушений. Отмечаются крутопадаю-

### 3. Балансовые запасы и погашение запасов в месторождениях Приаргунской металлогенической зоны

Месторождения	Запасы в недрах по кат. А+В+С <sub>1</sub> (на 01.01.2015) Содержание металлов						Погашение запасов					
	Руда	Pb	Zn	Cu	Au	Ag	Руда	Pb	Zn	Cu	Au	Ag
	тыс. т	тыс. т %	тыс. т %	тыс. т %	кг г/т	т г/т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	кг	т
Распределённый фонд недр	67 710	413,6	372,7	32	16 796	2058,8	793	20,1	15,3	1	2281	34,6
<i>Разрабатываемые</i>												
ОАО «Новоширокинский рудник»												
Ново-Широкинский	5665	101 1,78	54,1 0,95	С <sub>2</sub> 32 0,2	11 830 2,09	323,7 57,14	477	13,6	6,2	1	2110	8
ООО «Байкалруда»												
Нойон-Тологой	23 006	271,2 1,18	318,6 1,38	-	4966 0,08	1529,7 66,5	316	6,5	9,1	-	171	26,6

Рис. 4. Структурно-формационная схема районирования Приаргунской СФЗ:

геологические формации: 1 – надрудная угленосная молассовая, 2–4 – рудовмещающие (2 – вулканогенно-кремнисто-терригенная, 3 – вулканогенно-карбонатно-терригенная, 4 – молассовая), 5 – субвулканический гранодиорит-риолитовый комплекс, 6 – гранитоиды, 7 – гранитоиды без расчленения; 8 – границы рудных районов; месторождения и рудопроявления золото-серебро-полиметаллические (9), серебро-свинцово-цинковые (10); 11 – граница Приаргунской СФЗ



щие долгоживущие нарушения, к которым приурочены субвулканические тела, и субсогласные с напластованием вулканитов пологие межпластовые и внутривластовые нарушения. Широко развитая тектоника не приводит к серьезным дислокационным подвижкам, а сопровождается возникновением сети разноориентированных трещин от субсогласных до крутопадающих, причём последние более поздние по сравнению с первыми. Зоны трещиноватости являются рудовмещающими. Рудные тела и зоны рудной минерализации контролируются синвулканическими нарушениями и связанными с ними зонами трещиноватости. Субсогласные зоны контролируют полого залегающие стратифицированные рудные тела, крутопадающие – секущие напластование штокверковые зоны.

Ко второму типу относятся месторождения серебро-свинцово-цинкового формационного ти-

па, которые приурочены к вулканогенно-карбонатно-терригенной формации венда – раннего кембрия, представленной горизонтами переслаивания известняков, доломитов, углеродсодержащих известняков и углеродистых алевролитов. Рудные тела залегают согласно напластованию вмещающих пород в пологих палеовпадинах, тяготеют к контактам известняков с доломитами и углеродистыми алевролитами и контролируются межслоевыми тектоническими нарушениями. Кроме того, для месторождений характерны секущие рудные тела канальной зоны, контролируемые разрывными нарушениями северо-западного направления. Наибольшие перспективы региона связаны с открытием новых месторождений нойон-тологойского типа, основные критерии оценки которых следующие:

- наличие полей развития вулканогенно-кремнисто-терригенной формации и трёх потен-

циально рудоносных субформаций (снизу вверх) – базальт-(андезит)-дацитовый углерод-кремнисто-терригенной, базальт-андезит-дацитовый, терригенной;

- резкая фациальная изменчивость, заключающаяся в смене вулканогенных отложений терригенными, часто на коротких расстояниях. Необходимый признак – резкая изменчивость в соотношении кислых, средних и основных вулканогенных пород;
- циклический характер вулканизма;
- близость вулканических аппаратов (субвулканических отложений, относящихся к жерловым фациям вулканизма) и интенсивность вулканической активности в пределах рудных полей и месторождений; наличие всех фациальных зон – жерловой, прижерловой, промежуточной и удалённой;
- наличие вулкано-тектонических депрессионных структур и вулканических впадин.

В результате проведённых исследований установлено, что в Шахтоминском рудном районе перспективны юго-западное замыкание Александрово-Заводской вулкано-тектонической депрессии (Маньковская площадь) и Клинская впадина, Донинском – краевая часть депрессии, восточнее пос. Дано, Калгуканском – юго-западная и северо-восточная части вулкано-тектонической структуры, Явленском – одноимённая вулкано-тектоническая депрессия.

**Ангаро-Большепитская металлогеническая зона (Красноярский край).** В пределах зоны создана крупная минерально-сырьевая база цветной металлургии. В ГКЗ СССР разведаны и защищены запасы Горевского цинково-свинцового месторождения. Запасы руд кат. А+В+С<sub>1</sub> составляют на 01.01.2015: Pb 4906,4, Zn 935,0 тыс. т, Ag 3861,2 т. Добыча в 2014 г.: Pb 177, Zn 33,1 тыс. т, Ag 139 т. Несмотря на довольно высокую обеспеченность рудника, экологические и горнодобычные проблемы, связанные с расположением большей части месторождения под рекой Ангарой, могут значительно затруднить дальнейшее его освоение.

Для района характерно развитие отложений нижнего сухопитского и верхнего тунгусикского комплексов [7]. Рудоносны вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенная и углеродисто-кремнисто-карбонатная формации (R<sub>3</sub>) низов тунгусикского комплекса, специализированные соответственно на цинково-свинцовое, стратиформ-

ное свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение. Образование рудоносных формаций происходило в зоне шельфа. Вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенные отложения накапливались на склонах и в привершинных частях палеоподнятий, сложенных формациями сухопитского комплекса (рис. 5). Синхронно с ними в сопряжённых палеогибах накапливалась углеродисто-кремнисто-карбонатная формация, т.е. две рудоносные формации находятся по отношению друг к другу в латеральном ряду. Основные рудоконтролирующие структуры – палеогибы и биогермные постройки на склонах палеоподнятий, которые в совокупности с выполняющими их рудоносными субформациями определяют площади рудных полей. Кроме конседиментационных структур, в районе проявлены тектонические и пликвативные. Тектонические нарушения северо-западного направления – долгоживущие, северо-восточные и субширотные синхронны с осадконакоплением и контролируют размещение фаций в пределах формаций. Складчатые деформации осложняют конседиментационные структуры.

Месторождения и рудопроявления района отнесены к трём геолого-промышленным типам: филизчайскому (рассохинский), миргалимсайскому (морянихинский) и атасуйскому (?) (собственно горевский подтип). Широко развиты жильные зоны с полиметаллической минерализацией, являющиеся корневыми частями стратиформных месторождений. Все типы месторождений тесно связаны с вмещающими их геологическими образованиями и вместе с ними образуют вертикально-латеральные ряды.

Прогнозно-металлогенические исследования авторов позволили обосновать перспективы новых крупных месторождений свинца и цинка в пределах Ангарского рудного района. Здесь оценены и апробированы прогнозные ресурсы кат. P<sub>3</sub> – Pb 3,7, Zn 7,5 млн т. Предполагается, что возможно выявление 2–3 крупных объектов с богатыми свинцово-цинковыми рудами с содержанием Pb+Zn на уровне 7–10% и попутного Ag 10–15 г/т.

**Салаирская металлогеническая зона (Новосибирская и Кемеровская области, Алтайский край)** включает рудные районы и поля, специализированные на полиметаллическое и золотое оруденение (рис. 6). Запасы и добыча металлов

приведены в табл. 4. К нераспределённому фонду недр относятся Ново-Урское, Белоключевское и Самойловское месторождения, суммарные запасы руды которых по кат. А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> составляют 29 532 тыс. т (Pb 29,8, Zn 793,3 тыс. т, Au 22 064, Ag 379,4 кг).

На данный момент добыча практически не ведётся, так как обновляется производство и внедряются новые технологии по глубокой переработке руды. Ранее оценённые прогнозные ресурсы в пределах металлогенической зоны составляют: Zn 4497, Pb 608, Cu 1492 тыс. т.

Рудовмещающие вулканогенно-осадочные и терригенно-карбонатные породы во всех рудных районах относятся к вулканогенно-терригенно-карбонатной базальт-риолитовой формации (раннего кембрия). По набору фаций вулканогенно-осадочных и терригенно-карбонатных пород формация подразделяется на три субформации:

- нижнюю рифогенную карбонатную (ВТК<sub>1</sub>), отвечающую гавриловской свите (Є<sub>1</sub>kg–gv);
- среднюю рудоносную вулканогенно-терригенную базальт-риолитовую (ВТК<sub>2</sub>), отвечающую печеркинской свите (Є<sub>1</sub>рс). Последняя, резко отличается по набору фаций в различных районах;
- верхнюю туфогенно-карбонатно-терригенную (ВТК<sub>3</sub>), отвечающую анчешевской свите (Є<sub>1</sub>sg–an).

Месторождения приурочены к средней субформации, сложенной преимущественно вулканитами кислого и в меньшей мере основного составов. Разности пород кислого состава представлены главным образом дацитами с резким преобладанием натрия в сумме щелочей и аномально повышенной кремнезёмистостью, ограниченно развиты также грубокластические разности [3]. Подводный характер накопления вулканогенных отложений подчёркивается переслаиванием их с прослоями и линзами осадочных вулканогенно-терригенных, терригенно-карбонатных пород, известняков, углеродсодержащих сланцев и кремнистых сланцев. Породы базальт-андезибазальтовой группы имеют подчинённое развитие и представлены отдельными линзами андезито-базальтов и базальтов, реже их туфов существенно натриевой серии.

Анализ размещения вулканогенных фаций показывает, что субвулканические и жерловые постройки формировались в линейных зонах и узлах, трассирующих глубинные разломы (Кузнецкая зона, Ариничевский блок и др.), в местах

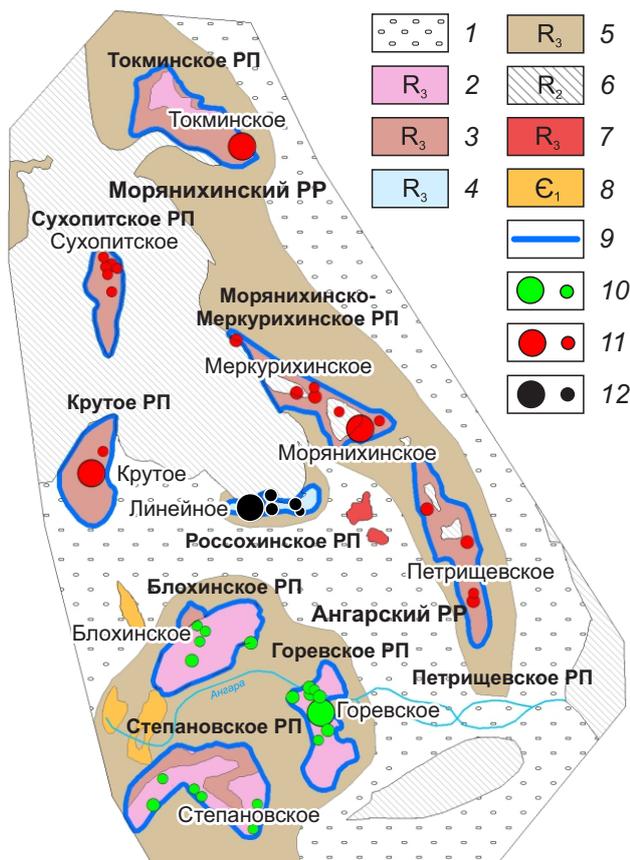


Рис. 5. Структурно-формационная схема районирования Ангаро-Большепитской СФЗ:

геологические формации: 1–5 – отложения Тунгусикского формационного комплекса (1 – надрудная известняково-шлишоидная, 2–5 – рудовмещающие: вулканогенно-кремнисто-глинисто-карбонатная (2), вулканогенно-карбонатно-терригенная (3), углеродисто-терригенно-известковистая (4), углеродисто-глинисто-известковистая латерального ряда с рудовмещающими (5)); 6–8 отложения Сухопитского формационного комплекса (6 – подрудные, 7, 8 – интрузивные гранитовая (7) и ийолит-сиенитовая (8)); 9 – границы рудных полей; месторождения и рудопроявления: 10 – колчедансодержащие цинково-свинцовые, 11 – свинцово-цинковые стратиформные, 12 – колчеданно-полиметаллические

замыкания крупных линейных антиклинальных поднятий и купольных структур (Ангурепский блок). При этом накопление лавовых и пирокластических фаций, возможно, происходило на склонах крупных вулканических аппаратов

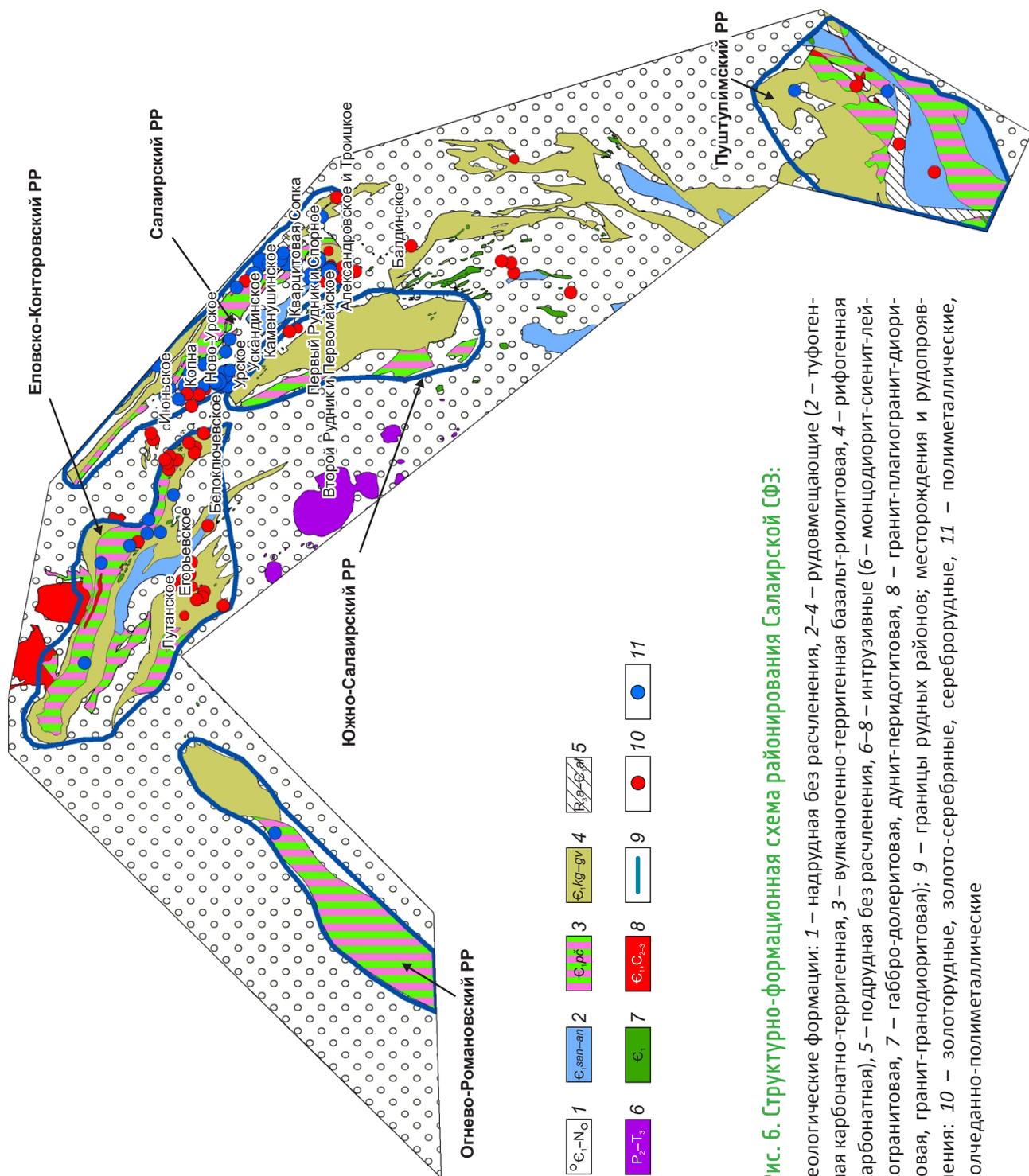


Рис. 6. Структурно-формационная схема районирования Салаирской СФЗ:

геологические формации: 1 – надрудная без расчленения, 2–4 – рудовмещающие (2 – туфогенная карбонатно-терригенная, 3 – вулканогенно-терригенная базальт-риолитовая, 4 – рифогенная карбонатная), 5 – подрудная без расчленения, 6–8 – интрузивные (6 – монцодиорит-сиенит-лейкогранитовая, 7 – габбро-долеритовая, дунит-перидотитовая, 8 – гранит-плаггиогранит-диоритовая, гранит-гранодиоритовая); 9 – границы рудных районов; месторождения и рудопроявления: 10 – золоторудные, золото-серебряные, сереборудные, 11 – полиметаллические, колчеданно-полиметаллические

#### 4. Балансовые запасы и погашение запасов в месторождениях Салаирской металлогенической зоны

Месторождения	Запасы в недрах по кат. А+В+С <sub>1</sub> (на 01.01.2015)						Погашение запасов					
	Содержание металлов											
	Руда	Pb	Zn	Cu	Au	Ag	Руда	Pb	Zn	Cu	Au	Ag
тыс. т	тыс. т %	тыс. т %	тыс. т %	кг г/т	т г/т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	тыс. т	кг	т	
Распределённый фонд недр	16 007	66	406,2	67,7	20 276	233,1	-	-	-	-	-	-
<i>Разрабатываемые</i>												
ЗАО «Салаирский химический комбинат»												
Кварцитовая Сопка	12 958	39,3 0,3	310,6 2,4	-	8385 0,65	89,9 6,94	-	-	-	-	-	-
Каменушинское	-	-	-	56,1 1,4	С <sub>2</sub> 9554 0,76	С <sub>2</sub> 33,5 2,65	-	-	-	-	-	-
<i>Подготавливаемые к освоению</i>												
Первомайское	489	2,8 0,57	19,8 4,05	11,6 1,3	483 0,99	29,2 59,7	-	-	-	-	-	-
Первый Рудник	2560	23,9 0,93	75,8 2,96	-	1854 0,72	80,5 31,4	-	-	-	-	-	-

и в прилегающих впадинах. В распространении колчеданных месторождений и рудопроявлений отмечается их приуроченность к областям жерловых, околожерловых и промежуточных фаций риолитоидного вулканизма.

В настоящее время несколько предприятий осуществляют опережающие геолого-геофизические работы по выявлению новых полиметаллических и золоторудных площадей в пределах Салаирского и Южно-Салаирского рудных районов для дальнейших поисков, а в Пуштулимском, Огневско-Романовском и Еловско-Конторовском районах для прогнозно-металлогенических исследований.

Важнейший аспект прогнозно-поисковых и прогнозно-металлогенических исследований – генезис рассматриваемых месторождений. Не вызывает сомнения то, что полиметаллические месторождения формировались синхронно с процессами вулканизма или осадконакопления. При этом механизм образования стратиформных или стратифицированных рудных тел может быть принципиально различным. Широкое развитие согласно залегающих пластовых рудных залежей, слоистые, брекчиевые, колломорфные и фрамбоидальные текстуры и структуры руд, а также участие залежей совместно с вмещающими породами в пликативных дислокациях (Рудный Алтай, Енисейский кряж) указывают на гидротермально-осадочный механизм их формирования. В то же время, наличие признаков эпигенетичности рудообразования – жильные, прожилковые, прожилково-вкрапленные тексту-

ры, широко развитые на месторождениях Восточного Забайкалья и Салаира, позволяет сделать вывод о формировании полиметаллических месторождений этих регионов преимущественно в субмаринных малоглубинных обстановках по модели придонного («subsea floor») отложения рудных залежей в результате метасоматоза и выполнения полостей отслоения слаболитифицированных осадков. Главными факторами рудоотложения при формировании месторождений в придонных условиях небольших глубин (при ограниченном выходе гидротермальных растворов в бассейн седиментации) были вскипание высокотемпературных растворов при входе в область низких давлений, резкое снижение температур и геохимический барьер придонных отложений, насыщенных морскими водами. Субсогласному стратифицированному формированию рудных залежей способствовало также образование структур межслоевых отслоений [2].

Современный облик рудных полей и месторождений связан с интенсивным метаморфизмом как вмещающих пород, так и руд. На Рудном Алтае, Салаире и в Забайкалье проявлен контактовый метаморфизм, связанный со становлением крупных гранитоидных массивов. Контактные изменения образуют довольно мощный ореол роговиков и ороговикованных пород мусковит-роговиковой и пироксен-роговиковой фаций. На Енисейском кряже вмещающие породы и руды метаморфизованы в условиях зеленосланцевой или эпидот-амфиболитовой фаций регионального метаморфизма.

Экзоконтактовые изменения, связанные со становлением габбро-диорит-плагиогранит-гранитовой геологической формации, образуют две зоны роговиков и ороговикованных пород мощностью от 50 до 350 м. Контактные роговики имеют зональное строение – наиболее высокотемпературные зоны представлены роговиками гранат-кордиерит-кварц-биотитового состава, которые сменяются кордиерит-кварц-биотитовыми, а затем кварц-биотитовыми. Наиболее интенсивно метаморфизованные зоны отвечают амфибол-роговиковой фации контактового метаморфизма, а остальные – мусковит-роговиковой.

Ороговикованные породы отмечаются на значительном удалении от гранитных массивов (до 3 км), причём при удалении от них площадь развития ороговикованных пород увеличивается, степень ороговикования уменьшается. Состав новообразований тремолит-мусковит-биотитовый иногда с кварцем и эпидотом.

Наряду с вмещающими породами, контактовому метаморфизму подвержены стратиформные и штокверковые рудные тела и сопровождающие их околорудные метасоматиты. Ранее Г.В.Ручкин выделил три стадии метаморфической эволюции руд: перекристаллизация, частичная мобилизация и образование расплавов [8]. Стадия перекристаллизации проявлена на большинстве месторождений (Корбалихинское, Семёновское, Юбилейное, Захаровское и др.) и выражена в образовании гранобластовых и мозаичных агрегатов руд, преобразовании моноклинного пирротина в гексагональный, новообразовании пирротина и графита за счёт соответственно пирита и углистого вещества. Такие преобразования свидетельствуют о восстановительных обстановках процесса и повышении его кислотности.

Вторая стадия приводит к развитию многочисленных кварц-сульфидных прожилков. Агрессивная флюидно-газовая смесь активно воздействует на первичные руды, частично переводя их в раствор и откладывая в полостях отслоения складок и трещинах.

Температурный режим метаморфических преобразований установлен по результатам гомогенизации первичных включений в гранобластовом кварце и равен 370–410°C. Постоянное присутствие в рудовмещающих углистых алевролитах графита, возникающего при термальном воздействии на углистое вещество (иногда в ви-

де реликтов среди новообразований графита), указывает на тот же температурный интервал. Образование графита за счёт углеводов в присутствии металлических катализаторов происходит при температуре >400°C. Наличие граната, пироксена и кордиерита в метаморфических породах ряда месторождений говорит о достаточно высокотемпературном режиме метаморфизма начала амфибол-роговиковой фации, которой соответствуют температуры 550–600°C [4]. С регрессивным этапом метаморфизма связано образование специфической сульфидно-окисной ассоциации.

Данные об обстановках формирования, ведения поисков, геолого-генетические аспекты становления полиметаллических месторождений служат основой для комплексирования методов при их прогнозе, поисках, прогнозно-металлогенетических исследованиях, а также создания прогнозно-поисковых комплексов, которые по содержанию, сочетанию методов и очередности их постановки должны соответствовать стадийности геологоразведочного процесса. Прогнозно-поисковый комплекс (ППК) учитывает необходимость выделения прогнозно-металлогенетических категорий разного ранга: металлогенетических зон, рудных районов, потенциальных рудных полей, перспективных участков (месторождений). Созданный нами ППК для полиметаллических месторождений основных горнодобывающих регионов, которым посвящена статья, основан на существующей стадийности геологоразведочных работ. Комплексные геолого-геофизические и геохимические исследования отвечают первому этапу, включающему стадию 1 (региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых). Стадия 1 подразумевает среднemasштабное геологическое картографирование м-ба 1:200 000–1:100 000, крупномасштабное геологическое картирование м-ба 1:50 000–1:25 000. Этап II включает стадию 2 – поисковые работы м-ба 1:10 000. В качестве примера на рис. 7 приведён ППК для поисковой стадии.

Основа данного ППК – литолого-фациальные и палеофациальные карты м-ба 1:10 000, которые сопровождают блоки специализированных геологических работ (модели, рудная нагрузка и т.д.), геохимических и геофизических исследований. Конечным результатом является выделение перспективных участков с оценкой

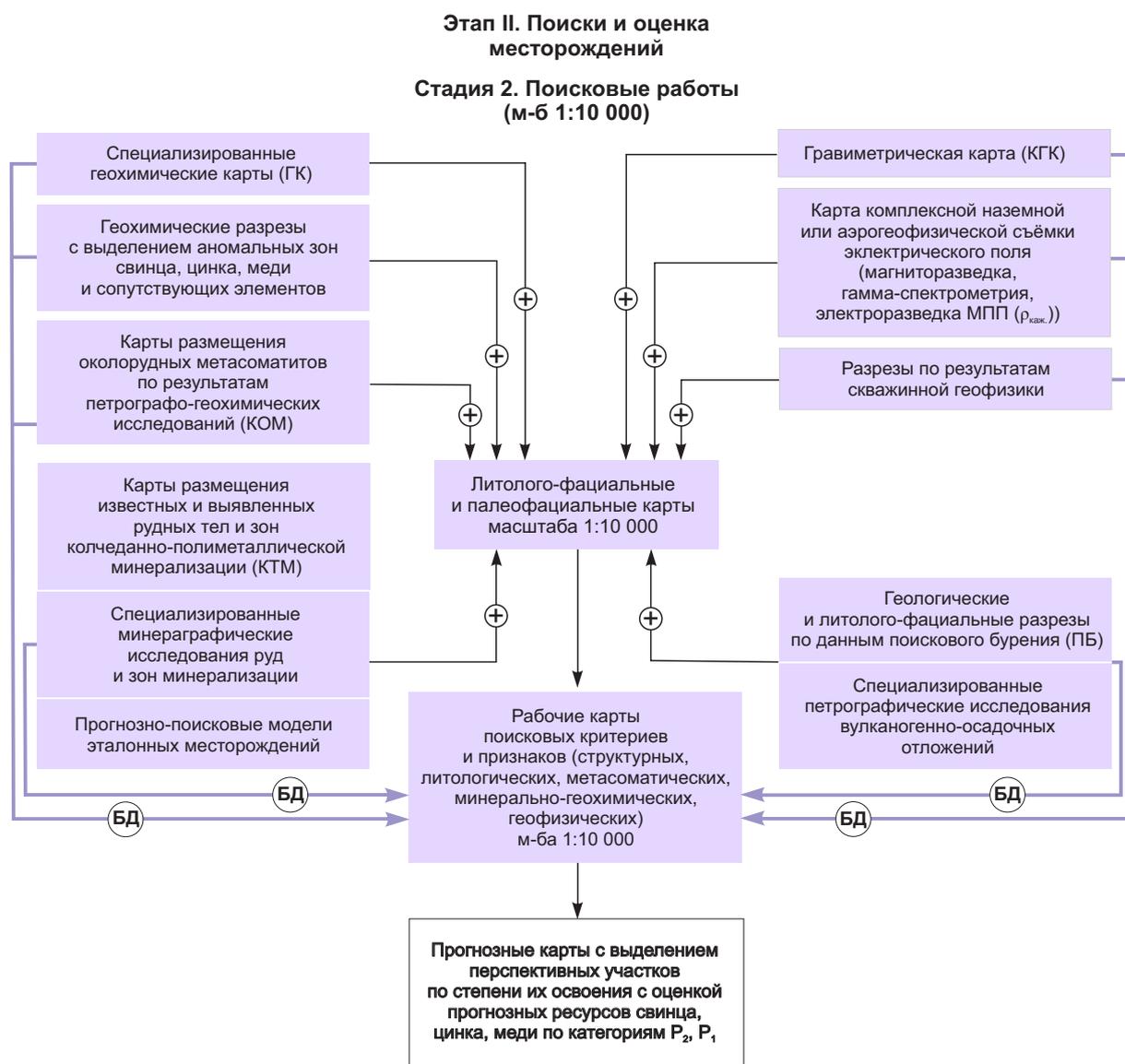


Рис. 7. Оптимальный комплекс методов и методик, применяемый при поисках месторождений свинца и цинка

в их пределах прогнозных ресурсов категории P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub>. Результаты исследований всеми методами сводятся в фактографические и картографические базы и банки данных (БД), предназначенные для хранения и анализа полученных материалов с применением современных компьютерных технологий.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авдонин В.В. Прогнозирование и поиски колчеданно-полиметаллических месторождений – М.: МГУ, 1995.
2. Гаськов И.В., Миронова Н.Ю. Генетическая модель верхнедевонских колчеданно-полиметаллических

месторождений северо-западной части Рудного Алтая // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск, 1988. С. 98–107.

3. Дистанов Э.Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири // Тр. ИГиГ СО АН СССР. Новосибирск, 1977. Вып. 367.
4. Добрецов Н.Л., Соболев В.С. Фации метаморфизма. – М.: Недра, 1970.
5. 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.

6. Кузнецов В.В., Кузнецова Т.П. Обстановки локализации полиметаллических месторождений Сибири и перспективы развития минерально-сырьевой базы полиметаллических руд // Матлы II научно-практической конференции «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири». Новосибирск, 2015. Т. 2. С. 193–197.
7. Кузнецов В.В., Кузнецова Т.П. Особенности строения и минерального состава руд Горевского месторождения // Проблемы интенсифика-

ции цветной металлургии края. Красноярск, 1987. С. 36–41.

8. Ручкин Г.В. Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. – М.: Недра, 1984.

*Кузнецов Владимир Вениаминович,*  
кандидат геолого-минералогических наук  
okt@tsnigri.ru

*Серавина Татьяна Валерьевна,*  
кандидат геолого-минералогических наук  
tanyaseravina@gmail.com

*Корчагина Дарья Александровна*  
korchagina@tsnigri.ru

## MINERAL BASE AND THE LOCALIZATION ENVIRONMENT OF POLYMETALLIC DEPOSITS OF SIBERIA

V.V.Kuznetsov,  
T.V.Seravina,  
D.A.Korchagina

*The state of lead and zinc mineral base in Siberia is considered. The state of reserves and resources of various categories is analyzed. The most prospective regions of the Russian Federation for lead and zinc resource base increase are Rudny Altai, Trans-Baikal region, Yenisei ridge and Salair. They are characterized by well-developed infrastructure, main mining operations are concentrated here. Prospective areas were identified for geological prospecting based on the study of localization environments and the formation of ore fields and deposits of Siberia. A set of methods for their realization on the basis of forecasting-prospecting complex development was presented.*

*Key words: lead, zinc, mineral base, reserves, inferred resources, Siberia.*

## У МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы» 13–15 сентября 2017 г.

Воронежский государственный университет и Севастопольский государственный университет при участии ведущих инженерных и экологических организаций в рамках Года экологии проводят конференцию «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы». Цель организуемого мероприятия – привлечение внимания общества к вопросам экологического развития Российской Федерации, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности.

### СЕКЦИИ:

- Трансформация экологических функций литосферы
- Экологические последствия практической хозяйственной деятельности в геосферах
- Инженерные изыскания на техногенно-нагруженных территориях
- Инновационные технологии в экологии и инженерных изысканиях
- Проблемы техносферной безопасности территорий
- Экологическое образование
- Молодые в науке (для студентов и аспирантов)
- Проблемы техногенно-экологической безопасности и охраны труда, техногенные и экологические риски
- Системы менеджмента в различных отраслях: внедрение, сертификация, аудит

**МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:** Крым, г. Севастополь, ул. Гоголя, 14, Севастопольский государственный университет.

Заявки и материалы направляются по адресу: conf\_ecogeol\_2017@mail.ru  
Окончание срока подачи заявки: 1 июля 2017 г.