

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

№ 6 / 2025

Основан в марте 1933 года

Журнал выходит шесть раз в год

УЧРЕДИТЕЛИ



Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации



Российское геологическое общество



Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:
А.И.Иванов

Е.А.Наумов (зам. главного редактора),
Н.В.Милетенко (зам. главного редактора),
Т.М.Папеско (зам. главного редактора),

Е.М.Аксенов, А.Н.Барышев, А.И.Варламов,
С.С.Вартанян, В.Д.Конкин, А.А.Кременецкий,
С.Г.Кряжев, М.И.Логвинов, Г.А.Машковцев,
И.Ф.Мигачёв, А.И.Черных, А.Ю.Розанов,
Г.В.Седельникова, И.Г.Спиридонов,
В.И.Старостин, Е.Г.Фаррахов, Г.К.Хачатрян

Содержание

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Иванов А. И., Алексеев Я. В., Куликов Д. А., Корчагина Д. А., Минькин К. М., Мигачёв И. Ф., Звездов В. С.
Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов Сибирского федерального округа, состояние и перспективы развития 3

МИНЕРАГЕНИЯ

Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Чурилова Т. А.
Прогноз и поиски медно-порфировых и сопряжённых благороднометалльных руд в Кавральянской металлогенической подзоне Охотско-Чукотской минерагенической провинции 17

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Хасанов И. М., Михалицына Т. И., Макарова Д. В.
Геолого-геофизические критерии прогнозирования разноранговых золоторудных площадей в пределах Центрально-Колымского региона (на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района, Северо-Восток России) 55

Зинчук Н. Н.
Методические основы использования нетрадиционных индикаторных минералов кимберлитов при шлихоминералогических поисках месторождений алмаза 68

ИНТЕРВЬЮ С ЧЛЕНОМ РЕДКОЛЛЕГИИ

Иванов А. И., Сидорова Е. В.
Открытия месторождений не бывают случайными .. 88

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Сидорова Е. В.
Накануне золотого века геологии: документальные свидетельства первых полевых исследований Ленской экспедиции НИГРИЗолото–ЦНИГРИ К 90-летию Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов 106

Список статей, опубликованных в журнале «Отечественная геология» в 2025 г. 122

Редакция: *Т. М. Папеско, А. П. Фунтикова*
Компьютерная верстка: *В. Р. Марченко, С. В. Жуков*

Решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования науки Российской Федерации журнал включён в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук»

Свидетельство о регистрации в средствах массовой информации

№ 01217 от 03 июня 1992 г.

Подписано в печать 09.02.2026

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

Телефон: (495) 315-43-65, доб. 272. E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Сайт: <https://www.tsnigri.ru/ru/informatsionnye-resursy/izdaniya/zhurnal-otechestvennaya-geologiya.html>

Типография ФГБУ «ЦНИГРИ»

Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов Сибирского федерального округа, состояние и перспективы развития

Аннотация. Рассмотрено состояние минерально-сырьевой базы алмазов, благородных (золото, серебро, платиноиды) и цветных (никель, кобальт, медь, свинец и цинк) металлов (группа АБЦМ) Сибирского федерального округа на 01.01.2024 г. Проведён анализ её воспроизводства за 2020–2024 гг. за счёт всех источников финансирования. Показаны риски, влияющие на устойчивость сырьевой базы в долгосрочной перспективе, обоснована необходимость усиления геологоразведочных работ ранних стадий за счёт средств федерального бюджета для подготовки прогнозных ресурсов и создания «поискового задела».

Ключевые слова: Сибирский федеральный округ, минерально-сырьевая база, алмазы, золото, серебро, платиноиды, никель, кобальт, медь, свинец, цинк, запасы, добыча, приросты запасов, прогноз, ресурсный потенциал.

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ИННОКЕНТЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, и. о. генерального директора, tsnigri@tsnigri.ru

АЛЕКСЕЕВ ЯРОСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела, alekseev@tsnigri.ru

КУЛИКОВ ДАНИЛА АЛЕКСЕЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора, kulikov@tsnigri.ru

КОРЧАГИНА ДАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель начальника отдела, korchagina@tsnigri.ru

МИНЬКИН КОНСТАНТИН МАТВЕЕВИЧ, начальник отдела, minkin@tsnigri.ru

МИГАЧЁВ ИГОРЬ ФЁДОРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, советник, migatchev@tsnigri.ru

ЗВЕЗДОВ ВАДИМ СТАНИСЛАВОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, начальник отдела, zvezdov@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

The mineral resource base of diamonds, precious and base metals of the Siberian Federal District: The status and development prospects

A. I. IVANOV, Ya. V. ALEKSEEV, D. A. KULIKOV, D. A. KORCHAGINA, K. M. MINKIN, I. F. MIGACHEV, V. S. ZVEZDOV

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TsNIGRI"), Moscow

Annotation. The paper examines the status of the mineral resource base of diamonds, precious (gold, silver, and platinum group metals), and base (nickel, cobalt, copper, lead, and zinc) metals (DPBM group) of the Siberian Federal District, as of January 1, 2024. The reproduction of the mineral resource base at the expense of all funding sources is analyzed for the period of 2020–2024. The risks that affect the long-term sustainability of the mineral resource base are shown. The need is substantiated to strengthen the early-stage geological exploration funded from the federal budget to increase the forecasted resources and to create an "exploration potential".

Key words: Siberian Federal District, mineral resource base, diamonds, gold, silver, platinum group metals, nickel, cobalt, copper, lead, zinc, mineral reserves, production, mineral reserves increase, forecast, resource potential.

Сибирский федеральный округ (Сибирский ФО или СФО) является вторым после Дальневосточного в Российской Федерации по площади, которая составляет 4,36 млн км² (25,5 % от РФ) [11]. В состав СФО входят 10 субъектов РФ: 3 республики (Алтай, Тыва, Хакасия), 2 края (Алтайский и Красноярский), 5 областей (Иркутская, Новосибирская, Омская, Томская, Кемеровская область – Кузбасс). В восьми из них имеются те или иные месторождения группы АБЦМ (алмазы, благородные (золото, серебро, платиноиды) и цветные (никель, кобальт, медь, свинец и цинк) металлы), учтённые в Государственном балансе (далее – Госбаланс). В Томской области расположены рудопроявления с апробированными прогнозными ресурсами золота, серебра и цинка, в Омской области объекты АБЦМ отсутствуют.

Для анализа состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы полезных ископаемых группы АБЦМ в настоящей статье по каждому из них рассмотрены следующие показатели: «балансовые запасы» (далее если не оговорено отдельно «запасы»), «добыча» (списание балансовых запасов), «апробированные прогнозныe ресурсы» (АПР), являющиеся основой наращивания запасов. Количественные характеристики этих показателей в Сибирском ФО [7] представлены в таблицах 1 и 2.

Алмазы. В СФО установлены коренные месторождения импактных алмазов и россыпные месторождения. Первые (Скальное, им. Б. М. Зубарева и Ударное) разведаны в Красноярском крае в качестве технических камней, но в связи с неразработанностью вопроса их промышленного использования добыча импактных алмазов не ведётся. Мелкая россыпь алмазов выявлена в Иркутской области (см. табл. 1).

Золото. Месторождения золота имеются в восьми субъектах СФО, общее их количество, учтённое Госбалансом, составляет 1141 (1017 с балансовыми запасами и 124 – только с забалансовыми). В количественном отношении преобладают россыпные месторождения (883 с балансовыми запасами и 109 – только с забалансовыми), общее количество месторождений коренного золота – 151 (134 с балансовыми запасами и 15 – только с забалансовыми). Иркутская область и Красноярский край обладают крупными запасами золота и занимают первое и второе места по этому показателю не только в СФО, но и в РФ в целом. В значительной степени это обусловлено наличием в данных субъектах уникальных по запасам месторождений

коренного золота – соответственно Сухого Лога и Олимпиадинского, хотя на их территориях также известно значительное количество крупных и средних по запасам коренных и россыпных месторождений. По добыче золота Иркутская область значительно отстаёт от Красноярского края в связи с тем, что эксплуатация крупнейшего в РФ месторождения Сухой Лог только начинается. В остальных «золотоносных» субъектах СФО запасы золота в основном сосредоточены в мелких и средних месторождениях россыпного золота, что и обуславливает их относительно невысокое значение как в распределении его запасов, так и в добыче (см. табл. 1).

Серебро. Собственно серебряные месторождения в СФО не установлены, но в семи регионах (см. табл. 1) оно в качестве попутного компонента учтено в восьмидесяти трёх месторождениях цветных и благородных металлов (семьдесят девять – с его балансовыми запасами, четыре – только с забалансовыми). В месторождениях цветных металлов при этом содержится большинство запасов серебра – почти 91 % из 20,5 тыс. т.

Месторождения металлов платиновой группы (платиноиды – МПГ) сосредоточены только в Норильском и Саянском районах Красноярского края, который и по запасам, и по добыче МПГ занимает первое место в Российской Федерации (см. табл. 1). Платиноиды учтены в десяти сульфидных медно-никелевых месторождениях (из них 3 содержат только забалансовые запасы), причём в рудах Октябрьского, Талнахского, Норильск 1, Масловского и Черногорского месторождений Норильского района палладий и платина по количеству запасов и их содержанию в рудах являются основными компонентами наряду с никелем и медью, прочие платиноиды (родий, рутений, осмий и иридий) – попутными. В рудах месторождений Саянского района – Кингашского и Верхнекингашского – содержания палладия и платины, напротив существенно ниже в сравнении с норильскими объектами, в связи с чем они являются попутными компонентами, как и другие платиноиды.

Цветные металлы (никель, кобальт, медь, свинец и цинк). Основные запасы никеля, кобальта и меди в СФО и самые крупные в РФ сосредоточены в Норильском районе Красноярского края (7 месторождений с балансовыми запасами и 3 только с забалансовыми). Небольшие балансовые запасы никеля, кроме этого района (около 69 % от РФ), имеются также в одном никельсодержащем месторождении в республике Тыва.

Табл. 1. Минерально-сырьевая база АБЦМ в Сибирском ФО по состоянию на 01.01.2024 г. [7]

Регион	Месторождения*	Балансовые запасы			Добыча в 2023 г.		
		Валовые	Доля от РФ (в %)	Позиция в РФ	Валовая	Доля от РФ (в %)	Позиция в РФ
Алмазы импактные, млрд кар							
Сибирский ФО	2	268	100	1	0	–	–
Красноярский край	2	268	100	1	0	–	–
Алмазы, млн кар							
Сибирский ФО	1	0,13	0,01	4	0	–	–
Иркутская область	1	0,13	0,01	4	0	–	–
Золото, тонн							
Сибирский ФО	1017	6616	39,5	2	178	37,3	2
Иркутская область	346	3494	20,9	1	26	5,5	6
Красноярский край	291	2653	15,8	2	142	29,9	1
Республика Хакасия	70	145	0,9	15	3,7	0,8	15
Кемеровская область – Кузбасс	172	127	0,8	16	1,7	0,4	17
Республика Тыва	32	123	0,7	17	2,1	0,4	16
Алтайский край	46	46	0,3	22	1,2	0,3	18
Республика Алтай	30	23	0,1	26	0,6	0,1	19
Новосибирская область	30	6	0,04	32	0,1	0,03	24
Серебро (запасы в тыс. т, добыча в тоннах)							
Сибирский ФО	79	20,5	16,6	2	366,8	14,3	2
Красноярский край	31	13,5	11,0	3	260,2	10,1	4
Алтайский край	15	3,1	2,5	11	49,5	1,9	12
Кемеровская область – Кузбасс	7	1,4	1,2	14	0	–	–
Иркутская область	14	1,1	0,9	16	3,3	0,1	20
Республика Тыва	4	0,7	0,6	20	49,6	1,9	11
Республика Хакасия	5	0,6	0,5	22	3,6	0,1	19
Республика Алтай	3	0,01	0,01	29	0,6	0,02	21
Платиноиды, тонн							
Сибирский ФО	10	14739	92,8	1	136	99,5	1
Красноярский край	10	14739	92,8	1	136	99,5	1
Никель (запасы в млн т, добыча в тыс. т)							
Сибирский ФО	8	19,3	68,9	1	227,8	87,5	1
Красноярский край	7	19,3	68,8	1	227,8	87,5	1
Республика Тыва	1	0,02	0,1	9	0	–	–
Кобальт, тыс. т							
Сибирский ФО	14	972,0	63,1	1	9,5	85,0	1
Красноярский край	7	815,6	52,9	1	9,3	83,7	1
Кемеровская область – Кузбасс	2	72,4	4,7	5	0	–	–
Республика Хакасия	2	43,3	2,8	6	0,1	1,3	4
Республика Алтай	1	25,7	1,7	7	0	–	–
Республика Тыва	1	13,5	0,9	12	0	–	–
Иркутская область	1	1,6	0,1	17	0	–	–
Медь (запасы в млн т, добыча в тыс. т)							
Сибирский ФО	32	38,1	37,3	2	410,5	36,8	1
Красноярский край	8	32,6	31,9	1	399,8	35,8	1
Республика Тыва	3	3,8	3,7	8	3,6	0,3	11
Кемеровская область – Кузбасс	5	0,8	0,8	14	0	–	–
Алтайский край	12	0,7	0,7	15	5,4	0,5	9
Республика Хакасия	2	0,2	0,2	19	1,4	0,1	12
Республика Алтай	2	0,05	0,1	22	0,3	0,03	16

Регион	Месторождения*	Балансовые запасы			Добыча в 2023 г.		
		Валовые	Доля от РФ (в %)	Позиция в РФ	Валовая	Доля от РФ (в %)	Позиция в РФ
Свинец (запасы в млн т, добыча в тыс. т)							
Сибирский ФО	20	5,7	33,7	2	208,9	63	1
Красноярский край	1	4,0	23,3	2	184,8	56	1
Алтайский край	12	1,5	8,5	4	14	4,2	4
Кемеровская область – Кузбасс	4	0,13	0,7	11	0	–	–
Республика Тыва	1	0,10	0,6	12	10,1	3,0	6
Иркутская область	1	0,07	0,4	14	0	–	–
Республика Хакасия	1	0,02	0,1	17	0	–	–
Цинк (запасы в млн т, добыча в тыс. т)							
Сибирский ФО	24	7,9	13,4	3	168,9	25,8	2
Алтайский край	12	4,4	7,5	3	46,2	7,0	6
Кемеровская область – Кузбасс	6	1,5	2,5	9	0	–	–
Красноярский край	1	1,4	2,3	10	39,3	6,0	7
Республика Тыва	1	0,6	1,0	14	83,4	12,7	2
Иркутская область	1	0,03	0,06	18	0	–	–
Республика Хакасия	1	0,01	0,02	19	0	–	–

Примечание. Цветом выделены группы значимости по доле от РФ: зелёный – высокая, от 10 %, жёлтым – средняя, от 1 до 10 %, розовым – малая, до 1 % от РФ; * – число месторождений с балансовыми запасами компонентов, общая сумма по субъекту РФ и СФО по различным компонентам не суммируется.

Кроме балансовых запасов кобальта в Норильском и Саянском районах Красноярского края (около 53 % от РФ) значительные (около 10 % от РФ) также учитываются в качестве попутного компонента в шести месторождениях в других субъектах СФО и в одном собственно кобальтовом Кара-Кульском – в республике Алтай (см. табл. 1).

Запасы меди в СФО, кроме сульфидных медно-никелевых месторождений (доля этого типа руд 85,6 % от СФО) в Норильском и Саянском районах в Красноярском крае (доля региона около 37 % от РФ), поставлены на учёт в Госбалансе также в месторождениях других типов руд ещё в пяти субъектах (около 5 % от РФ, см. табл. 1). Из восьми промышленных типов руд наиболее значимые запасы меди учтены в трёх – медно-порфиновых (9,5 % от СФО), колчеданно-полиметаллических (2,1 %) и медноколчеданных (1,5 %).

Основные балансовые запасы свинца (около 23 % от РФ) сосредоточены в уникальном Горевском месторождении (по крупности 1-е место в РФ) в Красноярском крае, занимающем 2-е место в РФ и уступающем Республике Бурятия (Дальневосточный ФО), где расположены два других крупнейших месторождения страны Холоднинское и Озёрное. Также значительные запасы свинца (8,5 % от РФ) приходятся на колчеданно-полиметаллические месторождения «алтайского типа» в Алтай-

ском крае (Корбалихинское и др.), которые обеспечивают этот субъект лидерством в СФО и по запасам цинка (7,5 % от РФ). Менее значимые балансовые запасы свинца и цинка имеются и в других регионах СФО (см. табл. 1).

В зависимости от вклада каждого региона СФО и округа в целом в минерально-сырьевое обеспечение страны экспертно по каждому виду АБЦМ определены три группы значимости: высокая от 10 % от РФ, средняя от 1 до 10 %, малая до 1 %. Дополнительно приведены позиции субъектов РФ и СФО в общероссийском рейтинге (см. таблицы 1 и 2).

Кроме коренных и россыпных месторождений металлов группы АБЦМ, на территории СФО в Красноярском и Алтайском краях, Кемеровской области – Кузбассе и Республике Хакасия расположены тринадцать техногенных месторождений (из них одно только с забалансовыми запасами), сформированных в процессе эксплуатации рудных и россыпных объектов. Наиболее крупным среди них является Хвостохранилище № 1 Норильской обогатительной фабрики (ОФ), с отходами обогащения сульфидных медно-никелевых руд и «лежалым» пирротинным концентратом. Его балансовые запасы на 01.01.2024 г. составляли по золоту почти 11 %, по серебру 15 %, по МПГ более 94 %, по никелю и кобальту 99 %, по меди более 33 % от запасов указанных компонентов всех техногенных месторождений РФ.

Табл. 2. Ресурсный потенциал минерально-сырьевой базы АБЦМ в Сибирском ФО по состоянию на 01.01.2025 г. [7, с учётом изменений в 2024 г.]

Регион	Объекты учёта*	Усл. запасы C ₂	Категория P ₁			Категория P ₂		
			Валовые	Доля от РФ (в %)	Позиция в РФ	Валовые	Доля от РФ (в %)	Позиция в РФ
Золото, тонн								
Сибирский ФО	276	2922	2455	38,7	2	2866	24,4	2
Иркутская область	55	1490	1407	22,2	1	1202	10,2	3
Красноярский край	67	617	540	8,5	3	569	4,8	6
Республика Хакасия	27	189	192	3,0	10	128	1,1	19
Кемеровская область – Кузбасс	53	293	171	2,7	11	412	3,5	9
Республика Тыва	12	96	70	1,1	16	113	1,0	23
Алтайский край	31	118	44	0,7	21	207	1,8	16
Республика Алтай	20	70	29	0,5	24	119	1,0	21
Томская область	4	21	2	0,03	33	47	0,4	30
Новосибирская область	7	29	0	–	–	68	0,6	26
Серебро, тыс. т								
Сибирский ФО	20	5,8	2,2	4,4	2	10,2	12,6	2
Красноярский край	5	1,0	1,2	2,4	6	0,5	0,7	9
Алтайский край	9	0,8	0,7	1,5	8	0,7	0,8	8
Республика Тыва	1	0,12	0,13	0,3	12	0,07	0,1	14
Томская область	1	0,14	0,10	0,2	13	0,17	0,2	13
Кемеровская область – Кузбасс	3	0,13	0,06	0,1	15	0,21	0,3	12
Новосибирская область	1	3,6	0	–	–	8,6	10,6	3
Никель, млн т								
Сибирский ФО	6	1,4	0,5	22,8	1	2,5	44,1	1
Красноярский край	3	1,1	0,5	22,0	2	1,8	31,7	1
Республика Тыва	1	0,01	0,02	0,8	6	0	–	–
Иркутская область	1	0,2	0	–	–	0,5	8,8	6
Алтайский край	1	0,1	0	–	–	0,2	3,5	9
Кобальт, тыс. т								
Сибирский ФО	1	9,7	13,9	100	1	0	–	–
Республика Тыва	1	9,7	13,9	100	1	0	–	–
Медь, млн т								
Сибирский ФО	35	3,6	2,2	19,8	3	4,9	22,5	3
Красноярский край	3	1,6	0,9	7,8	4	2,4	11,0	4
Алтайский край	20	0,69	0,63	5,8	7	0,6	2,7	10
Республика Тыва	2	0,57	0,58	5,3	8	0,4	1,8	14
Кемеровская область – Кузбасс	7	0,5	0,1	0,9	15	1,0	4,7	6
Новосибирская область	1	0,1	0	–	–	0,24	1,1	16
Иркутская область	1	0,07	0	–	–	0,16	0,7	17
Республика Алтай	1	0,05	0	–	–	0,12	0,5	19
Свинец, млн т								
Сибирский ФО	40	3,9	2,5	45,4	1	5,2	59,9	1
Красноярский край	8	2,3	1,3	24,5	1	3,2	37,2	1
Алтайский край	21	1,2	1,1	19,5	2	1,1	13,0	2
Кемеровская область – Кузбасс	10	0,1	0,1	1,3	8	0,2	2,7	8
Новосибирская область	1	0,3	0	–	–	0,6	7,1	6
Цинк, млн т								
Сибирский ФО	47	10,6	8,6	48,8	1	10,8	45,3	1
Красноярский край	8	5,1	4,9	27,8	1	4,0	16,6	1
Алтайский край	21	3,5	2,8	15,7	3	3,6	15,1	3
Кемеровская область – Кузбасс	15	1,4	0,8	4,3	8	2,1	8,6	5
Томская область	1	0,3	0,2	1,0	13	0,3	1,4	13
Новосибирская область	1	0,3	0	–	–	0,8	3,4	9
Республика Тыва	1	0,01	0	–	–	0,03	0,1	16

Примечание. Цветом выделены группы значимости по доле от РФ: зелёный – высокая, от 10 %, жёлтым – средняя, от 1 до 10 %, розовым – малая, до 1 % от РФ; * – число объектов с АПР, общая сумма по субъекту РФ и СФО по различным компонентам не суммируется.

Объекты с АПР. Распределение объектов с АПР в СФО в целом соответствует расположению месторождений (см. табл. 2), при этом в таблицу включены только объекты, на которых учтены прогнозные ресурсы наиболее достоверных категорий P_1 и P_2 (для алмазов и МПГ апробированные прогнозные ресурсы этих категорий в СФО отсутствуют). Для сопоставления с запасами количественные значения апробированных прогнозных ресурсов рассматриваемых видов АБЦМ [7] с использованием статистически-обоснованных коэффициентов (0,7 для категории P_1 при переводе в категорию C_2 и 0,42 для категории P_2 при переводе в категорию P_1) [2] пересчитаны в категорию условных запасов C_2 (далее – ресурсный потенциал).

Объекты с АПР золота, как и месторождения, являются наиболее широко представленным видом АБЦМ в Сибирском ФО. Из девяти регионов на Красноярский край и Иркутскую область суммарно приходится 72 % ресурсного потенциала этого металла в условных запасах категории C_2 . Наиболее крупные объекты с АПР золота, более 60 т в условных запасах категории C_2 , расположены в Иркутской области в пределах Мамско-Бодайбинской металлогенической зоны.

Более 93 % ресурсного потенциала серебра СФО сосредоточено в Новосибирской области, Красноярском и Алтайском краях, в которых расположены и наиболее крупные объекты с АПР серебра (более 200 т в условных запасах категории C_2) – соответственно Огнево-Займовская площадь, Сухопитское рудопроявление, Петровское и Западно-Захаровское рудопроявления.

Большая часть АПР никеля, более 78 % от СФО, апробирована в Красноярском крае, где учтены 3 объекта АПР никеля с условными запасами категории C_2 каждого из них более 300 тыс. т: Бурканская (Верхне-Турумакская) площадь, Хараелахское рудное поле, Октябрьское месторождение. Все АПР кобальта учтены в единственном объекте – Ховуаксинском месторождении в Республике Тыва – и в условных запасах категории C_2 составляют чуть более 9,7 тыс. т.

Прогнозные ресурсы меди категорий P_1 и P_2 апробированы в семи регионах СФО, но почти 94 % ресурсного потенциала сосредоточены в четырех – Красноярском и Алтайских краях, Республике Тыва и Кемеровской области – Кузбассе. Наиболее крупные объекты с АПР меди, более 200 тыс. т в условных запасах категории C_2 , находятся на террито-

рии Красноярского края – Бурканская (Верхне-Турумакская) площадь, Октябрьское месторождение, Хараелахское рудное поле, и в Республике Тыва – Кызыкчадрская рудная зона.

Почти 90 % ресурсного потенциала свинца СФО локализованы в Красноярском и Алтайском краях. Наиболее крупные объекты с АПР свинца, более 300 тыс. т в условных запасах категории C_2 , расположены в Красноярском крае – Горевский рудный узел (рудопроявления Картичное и Рудакское), Сухопитское рудопроявление, Морянинское рудное поле (участки Меркурихинский, Анатольевский, Морянинский), Крутое рудопроявление.

Основной ресурсный потенциал цинка (более 94 %) сосредоточен в Красноярском и Алтайском краях и Кемеровской области – Кузбассе. Наиболее крупные объекты с АПР цинка, более 800 тыс. т в условных запасах категории C_2 , расположены в Красноярском крае – Сухопитское и Токминское рудопроявления, и в Алтайском крае – Петровское рудопроявление.

Добыча металлов группы АБЦМ в СФО. Субъекты СФО по добыче полезных ископаемых группы АБЦМ, кроме алмазов, вносят значительный вклад в общую их добычу в РФ (см. табл. 1). Добыча обеспечивается преимущественно крупными недропользователями в составе вертикально-интегрированных компаний или холдингов.

Золото. СФО занимает второе место в РФ по добыче золота (около 37 %). Основной его объём добывается из собственно золоторудных месторождений, в меньших количествах – из комплексных рудных (в качестве попутного компонента) и россыпных.

Основным золотодобывающим регионом Сибирского ФО является Красноярский край, где разрабатываются как собственно золоторудные месторождения, так и комплексные и россыпные. Собственно золоторудные месторождения – Олимпиадинское, Благодатное (оба – ПАО «Полус»), Эльдо-радо, Высокое (АО «Южуралзолото Группа Компаний»). Комплексные платиноидно-медно-никелевые месторождения – Октябрьское, Талнахское, Норильск 1 северная часть (ПАО «ГМК «Норильский никель»). Многочисленные эксплуатируемые россыпные месторождения расположены в основном в пределах Енисейского края.

Второй по значимости регион – Иркутская область, где кроме многочисленных россыпей золота (Патомское нагорье и Восточный Саян) эксплуатируются собственно золоторудные месторожде-

ния Вернинское, Сухой Лог (ПАО «Полюс»), Голец Высочайший, Угахан и Светловское (ПАО «Высочайший»), Невское (ООО «Друза»). На Вернинском месторождении в 2024 г. добыча была временно приостановлена из-за задействования золото-извлекательной фабрики для переработки руды с месторождения Сухой Лог, на котором добыча началась в 2024 г.

В остальных субъектах СФО с эксплуатируемыми месторождениями золота, наиболее крупными по добыче являются собственное Коммунарское («Южуралзолото Группа Компаний») в Республике Хакасия и комплексное Кызыл-Таштыгское (ООО «Лунсин») в Республике Тыва.

МПГ, никель, кобальт, медь. По добыче этих металлов СФО является ведущим в РФ и обеспечивает её соответственно на 99,5, 87,5, 85 и 35,8 % (см. табл. 1). Вся добыча никеля и платиноидов и подавляющая часть кобальта и меди в СФО осуществляется на сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождениях Норильского промышленного района Красноярского края – Октябрьском, Талнахском и Норильск 1 (северная часть). Добыча кобальта в СФО как попутного компонента с получением товарного металла при этом обеспечивается только из норильских месторождений. Добыча меди как попутного компонента в значительно меньших объёмах ведётся также из колчеданно-полиметаллических месторождений в Алтайском крае и Республике Тыва, одном медно-золоторудном в Республике Алтай (без получения товарного продукта) и одном медно-молибденовом в Республике Хакасия.

Свинец и цинк добывается на трёх месторождениях – свинцово-цинковом Горевском в Красноярском крае (ГК «Новоангарский ГОК и Горевский ГОК»), полиметаллических Корбалихинском в Алтайском крае (АО «Сибирь-Полиметаллы» – входит в ОАО «УГМК») и Кызыл-Таштыгском в Республике Тыва (ООО «Лунсин» (ООО Хэйлуницзянская ГК Цзыцзинь Лунсин, КНР).

Серебро как попутный компонент добывается из руд собственно-золоторудных месторождений и месторождений цветных металлов.

Перспективы увеличения добычи металлов группы АБЦМ в СФО. В 2024 и 2025 гг. в СФО на объектах с начавшейся добычей осуществлён ввод новых мощностей по переработке руд, а на ряде месторождений в ближайшие годы планируется начать добычу и переработку руд [7].

Золото. В мае 2024 г. введена в эксплуатацию ЗИФ на месторождении Высокое в Красноярском крае (АО «Южуралзолото ГК»), годовое производство золота после её выхода на проектную мощность составит 3,9 т.

В сентябре 2025 г. введена в эксплуатацию ЗИФ на Светловском месторождении в Иркутской области (ПАО «Высочайший»), в 2026 г. ожидается её выход на проектную мощность в 4 т золота в год [4].

В декабре 2025 г. завершено строительство обогатительной фабрики на Ведугинском месторождении (АО «Полиметалл» (ГК «Мангазeya»)) в Красноярском крае с годовой производительностью 2,2 млн т руды в год (6,2 т золота во флотоконцентрате). Её запуск ожидается в 2026 г. В 2025 г. на месторождении возобновилась добыча [10].

К концу 2020-х гг. ожидается ввод в строй собственной ЗИФ на месторождении Сухой Лог (ПАО «Полюс»). По ожиданиям компании [5], её мощность составит около 34 млн т руды в год, а производство золота 71,5–87,1 т. Ещё на одном активе «Полюса», месторождении Чёртово Корыто Иркутской области, ввод ЗИФ с производительностью до 6,1 т золота в лигатуре [7] возможен в 2030-х гг.

Платиноидно-медно-никелевые руды. В Красноярском крае в Норильском районе в 2030-х гг. ожидается вовлечение «Норникелем» в эксплуатацию ещё одного (четвёртого) месторождения – Масловского. Переработка руды этого объекта предусматривается на обогатительных и металлургических мощностях «Норникеля».

В Норильском районе ООО «Русская платина» ведёт подготовку к эксплуатации Черногорского платиноидно-медно-никелевого месторождения (ведётся строительство ГОКа), после чего будет подготавливаться к эксплуатации южная часть месторождения Норильск 1.

В Саянском районе группа «ОНЭКСИМ» планирует строительство ГОКа на базе Кингашского и Верхнекингашского медно-никелевых месторождений. Товарной продукцией этих компаний будут коллективные концентраты, содержащие никель, медь, кобальт, платиноиды [7].

Медно-порфиновые объекты. В Республике Тыва планируется создание ГОКа на медно-порфировом месторождении Ак-Сугское (попутно содержит золото, серебро, молибден и рений). Подготовку к его освоению осуществляет АО «Перспективные горнорудные проекты» (ГК «Ростех»).

Табл. 3. Прирост запасов полезных ископаемых группы АБЦМ в Сибирском ФО в 2020–2024 гг. в сопоставлении с накопленной добычей в 2020–2024 гг.

Регион	Прирост запасов						Накоп- ленная добыча	Уровень вос- производства запасов*
	2020	2021	2022	2023	2024	2020–2024	2020–2024	2020–2024
Золото, т								
СФО всего	549,4	66,2	928,9	245,8	185,6	1976,0	701,3	2,8
Алтайский край	0,4	0,7	0,8	0,5	0,2	2,5	4,2	0,6
Иркутская область	93,8	56,8	898,7	9,9	44,5	1103,6	145,7	7,6
Кемеровская область – Кузбасс	2,0	1,2	2,4	2,7	1,2	9,5	7,4	1,3
Красноярский край	450,7	4,5	5,4	229,5	135,1	825,1	509,2	1,6
Новосибирская область	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	1,6	1,1	1,4
Республика Алтай	0,2	0,6	0,3	0,4	1,2	2,8	3,0	0,9
Республика Тыва	0,3	0,1	1,0	0,9	1,6	3,9	12,9	0,3
Республика Хакасия	1,9	2,0	19,9	1,6	1,6	27,0	17,8	1,5
Серебро, т								
СФО всего	164,1	182,2	-845,4	-69,6	160,1	-408,6	1857,1	-0,2
Алтайский край	0,3	2,0	0,4	0,6	0,5	3,8	247	0,02
Иркутская область	54,6	210,4	-852,5	0,5	4,4	-582,6	20,4	-28,6
Красноярский край	108,8	-30,8	6,4	-71,1	101,6	114,9	1349,9	0,1
Республика Алтай	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	1,3	2,4	0,5
Республика Тыва	-0,2	0	0	0	53,4	53,2	226,3	0,2
Республика Хакасия	0,4	0,2	0,1	0,1	0	0,8	11,1	0,1
Платиноиды, т								
СФО всего	32,1	-65,8	16,7	4,6	12,1	-0,3	684,4	-0,0005
Красноярский край	32,1	-65,8	16,7	4,6	12,1	-0,3	684,4	-0,0005
Никель, тыс. т								
СФО всего	84	1,6	44	6,5	15,2	151,3	1207,8	0,1
Красноярский край	84	1,6	44	6,5	15,2	151,3	1207,8	0,1
Кобальт, тыс. т								
СФО всего	5,9	0,7	2,0	0,3	0,7	9,6	50,6	0,2
Красноярский край	5,9	0,7	2,0	0,3	0,7	9,6	50,6	0,2
Медь, тыс. т								
СФО всего	127,4	-198,9	45,4	16,6	34,8	25,3	2142,4	0,01
Алтайский край	0,2	0,0	0	0,1	0	0,3	31,8	0,01
Красноярский край	127	-199,1	45,1	16,1	33,2	22,3	2083,7	0,01
Республика Алтай	0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	1	0,5
Республика Тыва	0	0	0,1	0	1,3	1,4	19,7	0,1
Республика Хакасия	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,8	6,2	0,1
Свинец, тыс. т								
СФО всего	0,9	0	0,1	0	85,4	86,4	1102,7	0,1
Алтайский край	0,9	0	0	0	-0,1	0,8	68,3	0,01
Красноярский край	0	0	0	0	79,4	79,4	975,8	0,1
Республика Тыва	0	0	0,1	0	6,1	6,2	58,6	0,1
Цинк, тыс. т								
СФО всего	1,5	0,1	0,8	2,6	119,2	124,2	846,5	0,1
Алтайский край	1,5	0,1	0,1	0,3	0	2	223,5	0,01
Красноярский край	0	0	0	2,3	51,9	54,2	264,4	0,2
Республика Тыва	0	0	0,7	0	67,3	68	358,6	0,2

Примечание. Приведены субъекты РФ с наличием прироста / убыли запасов, цветом отмечена убыль запасов; * уровень воспроизводства – отношение прироста запасов к накопленной добыче с учётом округления.

Следует также отметить, что определённым резервом для добычи металлов группы АБЦМ в СФО являются месторождения нераспределённого фонда недр с утверждёнными запасами при их лицензировании и объекты распределённого фонда недр, где добыча приостановлена. Так, например, в Кемеровской области – Кузбассе в Салаирско-Урском рудном районе имеются коренные месторождения с запасами золота, серебра, меди, свинца и цинка – медноколчеданное Каменушинское, барит-свинцово-цинковые Кварцитовая Сопка (включая зону её окисления), Первомайское и Первый Рудник. Добыча ЗАО «Салаирский химический комбинат» на них не ведётся длительное время по экономическим причинам (нерентабельность разработки, отсутствие спроса на основной компонент руд – барит – в трёх последних месторождениях). Последняя добыча (золото и серебро) на зоне окисления месторождения Кварцитовая Сопка производилась в 2013 г. Возможно, в связи с возростанием цены на золото, медь и другие компоненты, эти объекты перейдут в разряд рентабельных для разработки в среднесрочной перспективе.

Переработка руд и концентратов. Золото, главным образом в составе лигатуры (в том числе сплава Доре), с золото-извлекаемых фабрик (ЗИФ), а также шлиха (россыпные месторождения) поступает на аффинажные предприятия Сибирского ФО – ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова» («Красцветмет») и АО «Новосибирский аффинажный завод» («НАЗ»), и иные предприятия – АО «Приокский завод цветных металлов» (Рязанская область, Центральный ФО) и др., где из него получают продукцию различной номенклатуры – слитки, порошки и др. Частично происходит экспорт золота в составе концентратов цветных металлов.

Технологический передел [6] добытых медно-никелевых руд осуществляется «Норникелем» как на собственных мощностях в г. Норильске Красноярского края и г. Мончегорске Мурманской области с получением металлов и концентратов. Концентраты драгоценных металлов направляются по толлингу на аффинажные предприятия России, включая расположенные в СФО.

Переработка свинцово-цинковых и полиметаллических руд ведётся на обогатительных фабриках (ОФ) их продуцентов в районах эксплуатации месторождений: с Горевского на ОФ ООО «Новоангарский обогатительный комбинат», с Корбалихинского на Рубцовской ОФ, с

Кызыл-Таштыгского на собственной ОФ. Товарной продукцией являются концентраты. Цинковый поставляется на «Челябинский цинковый завод» в г. Челябинск для получения металлического цинка и продукции на его основе, а также экспортируется. Свинцовый концентрат из-за отсутствия в РФ мощностей по его переработке (металлургического завода) полностью экспортируется. Планы по созданию таких производств в г. Бийске (переработка концентратов полиметаллических месторождений Алтайского края) и Сорске (передел концентратов Горевского месторождения) не были реализованы по экономическим и экологическим причинам [1].

Серебро в составе лигатуры золота поступает на аффинажные заводы, а в составе концентратов цветных металлов поступает как на отечественные металлургические заводы для получения аффинированного металла в различных формах, так и экспортируется.

Воспроизводство МСБ АБЦМ СФО. В таблице 3 в целях «усреднения» данных за пятилетний период приведены результаты анализа ежегодного прироста или уменьшения запасов металлов группы АБЦМ (алмазы не рассматриваются) за 2020–2024 гг. Также представлена характеристика накопленной добычи за 2020–2024 гг. Из сопоставления этих показателей следует, что ситуация с уровнем воспроизводства сырьевой базы у разных металлов различается.

Золото. Наиболее благоприятная ситуация с воспроизводством запасов золота в 2020–2024 г. – приросты запасов превышают накопленную добычу в этот период (см. табл. 1). Однако следует иметь в виду, что приросты запасов в течение пятилетнего срока во многом обусловлены доразведкой двух уникальных по запасам собственно золоторудных месторождений – месторождений Сухой Лог и Олимпиадинское.

Так, на месторождении Сухой Лог в 2022 г. прирост запасов золота составил более 835 т и был обусловлен двумя причинами – переутверждением ранее учтённых запасов по обновлённому ТЭО постоянных кондиций (протокол ГКЗ № 6961 от 29.03.2022), его корректировкой (за контуром карьера I очереди, до горизонта +290 м) и учётом результатов доразведки флангов и глубоких горизонтов (протокол ГКЗ Роснедр № 7097 от 05.10.2022).

На Олимпиадинском месторождении прирост запасов более 305 т в 2020 г. был обеспечен за счёт переутверждения запасов на глубоких горизонтах

для подземного способа отработки (протокол ГКЗ Роснедр № 6364 от 15.05.2020) и в 2023 г. более 80 т при переоценке всех его запасов по результатам обновленного ТЭО (протокол ГКЗ № 7352 от 03.05.2023).

На других крупных месторождениях золота (более 50 т каждое [3]) в Красноярском крае и Иркутской области за этот период доразведано ещё свыше 467 т дополнительных запасов золота (изменения по результатам государственной экспертизы и эксплуатационной разведки). Из них почти 159 т дополнительно поставлены на баланс на Ведугинском месторождении, на котором в 2023 г. проведена переоценка всех его запасов (протокол ГКЗ № 7362 от 24.05.2023), в 2024 г. доразведаны глубокие горизонты (протокол ГКЗ № Э003-00174-77/01640102).

Значительный прирост запасов золота в течение этого периода времени произошёл на крупных месторождениях Красноярского края – Благодатном (77,6 т, протокол ГКЗ № 6525 от 01.12.2020), Высоком (46,6 т, протокол ГКЗ № 7512 от 20.11.2023) и Эльдорадо (54 т, протокол ГКЗ № Э003-00174-77/01029903 от 22.01.2024); Иркутской области – Невском (58,8 т, протокол ГКЗ № 6224 от 17.01.2020), Уряхском (49 т, протокол № 6699 от 05.06.2021) и Гольце Высочайшем (19,8 т, протокол ГКЗ № 6324 от 09.04.2020).

Среди впервые учтённых Госбалансом в 2020–2024 гг. по результатам ГРП месторождений рудного золота наиболее значимыми являются четыре: одно в Иркутской области (Светловское, 46,4 т, протокол ГКЗ № 7103 от 07.10.2022), одно в Республике Хакасия (Таисыинское, 18,4 т, протокол ГКЗ № 6964 от 30.03.2022), два в Красноярском крае (Кондюякское, 15,6 т, протокол ГКЗ № 6533 от 26.11.2020 и Усть-Оллоноконское, 11,1 т, протокол ГКЗ № Э003-00174-77/01389985 от 17.09.2024).

Особенность всех указанных новых месторождений – сравнительно близкое расположение от ранее выявленных и учтённых Госбалансом объектов: Светловское расположено в Бодайбинском рудном районе в 35–40 км от месторождений рудного золота Невское, Первенец, Вернинское; Таисыинское – в пределах Коммунарковского рудного поля и одноимённого месторождения; Кондюякское находится в пределах Аяхтинского рудного узла с Аяхтинским месторождением; Усть-Оллоноконское локализовано в пределах Советского рудного узла вблизи месторождений Доброе, Советское, Заявка 13, Полярная Звезда.

Серебро. Основным фактором отсутствия положительного значения прироста запасов в целом по СФО за 2020–2024 гг. стало списание его запасов на месторождении Сухой Лог согласно обновлённому ТЭО постоянных кондиций (протокол ГКЗ Роснедр № 6961 от 29.03.2022) и его корректировка (за контуром карьера I очереди, до горизонта +290 м). Всего запасы серебра сократились на 864,2 т до 669,1 т. Изменение запасов серебра связано с неподтверждением его содержания по результатам проведённых ГРП.

Также списание запасов серебра было произведено на Октябрьском месторождении Норильского рудного района на 35,2 т при пересчёте запасов богатых медно-никелевых руд залежей Северная 3 и 4 по результатам ГРП (протокол ГКЗ № 6773-оп от 27.10.2021) и Олимпиадинском месторождении на 89,5 т (до 4,1 т) в результате уточнения его содержания при эксплуатации месторождения и опробовании хвостохранилищ Олимпиадинского ГОКа (протокол ГКЗ № 7352 от 03.05.2023).

Частично убыль запасов серебра на указанных месторождениях была компенсирована их приростом на других объектах. Наиболее значимые увеличения запасов произошли на четырёх месторождениях: Уряхском, где впервые учтены запасы серебра 209,4 т как попутного компонента в 2021 г.; Норильск I (северная часть) на 64,2 т после переоценки при переутверждении ТЭО (протоколом ГКЗ № 6357 от 14.05.2020); Горевском на 65,8 т при оперативном пересчёте запасов (протокол ГКЗ № Э003-00174-77/01231631 от 03.06.2024). В Республике Тыва положительный вклад в воспроизводство внесла постанова на Государственный баланс нового полиметаллического месторождения Дальнее, содержащего 53,4 т серебра (протокол ГКЗ № Э003-00174-77/01679541 от 28.12.2024).

Платиноиды, медь, никель, кобальт. В месторождениях Норильской группы увеличились запасы платиноидов, меди, никеля и кобальта в результате государственной экспертизы запасов (упомянута выше) на месторождениях Норильск I (северная часть), а также по результатам эксплоразведки Октябрьского и Талханского месторождений. При этой экспертизе запасов на залежах Северная 3 и 4 Октябрьского месторождения в 2021 г. отмечено снижение запасов платиноидов, меди и никеля.

Свинец и цинк. В период 2020–2024 гг. прирост запасов свинца и цинка зафиксирован только в 2024 г. в результате оперативного пересчёта запасов Горевского месторождения и постанова на

Госбаланс месторождения Дальнее, расположенного в 4 км от разрабатываемого полиметаллического Кызыл-Таштыгского месторождения (протокол ГКЗ № Э003-00174-77/01679541 от 28.12.2024). Также на месторождении Дальнем в качестве попутных компонентов учтены запасы золота, серебра и меди.

Перспективы воспроизводства МСБ. Из приведённой динамики воспроизводства запасов металлов из группы АБЦМ следует, что их дальнейшее наращивание возможно как в результате доразведки и переоценки уже учтённых объектов, так и выявления при геологоразведочных работах (ГРР) новых месторождений. При этом воспроизводство запасов за счёт постановки на Госбаланс новых месторождений лишь частично компенсирует исчерпание запасов при эксплуатации месторождений, а постановки на баланс запасов никеля, кобальта и платиноидов в новых месторождениях в 2020–2024 гг. не было. В перспективе это создаёт риски устойчивости развития минерально-сырьевой базы металлов группы АБЦМ, которые пока во многом нивелируются наличием месторождений с крупными остаточными запасами (Октябрьское, Талнахское и др.), а также объектов, которые находятся или в начальной стадии эксплуатации (Сухой Лог, Светловское и др.), или подготавливаются к разработке (Ак-Сугское, Черногорское и др.). Определённым резервом является нераспределённый фонд недр, однако из-за незначительного количества учтённых месторождений он может лишь частично заместить выбывающие запасы.

Обеспечить постановку на Госбаланс новых месторождений должно проведение успешных дальнейших ГРР на объектах с апробированными или авторскими прогнозными ресурсами в целях доведения их до запасов.

Примером продолжения изучения объектов с АПР за счёт собственных средств недропользователя являются ГРР, проводимые ООО «Моряниха», на участках недр «Токминская» и «Сухопитская» площади в Красноярском крае [7]. Ранее в 2017–2019 гг. на указанных участках недр, входящих в Морянихинскую площадь, по итогам работ за счёт средств федерального бюджета были локализованы и оценены прогнозными ресурсами свинца, цинка, серебра и кадмия. На Сухопитском проявлении (протокол ФГБУ «ЦНИГРИ» № 5 от 18.06.2020) апробированы прогнозными ресурсами цинка по кат. P_1 3246,8 тыс. т и 1359,5 тыс. т по кат. P_2 ; свинца 519,2 тыс. т по кат. P_1 и 314,5 тыс. т по кат. P_2 ; по-

путно учтено серебро 843,7 т по кат. P_1 и 462,1 т по кат. P_2 . На Токминском проявлении (протокол ФГБУ «ЦНИГРИ» № 5 от 18.06.2020) апробированы прогнозными ресурсами цинка 1055,2 тыс. т по кат. P_1 и 231,5 тыс. т по кат. P_2 ; свинца 167,9 тыс. т по кат. P_1 и 68,1 тыс. т по кат. P_2 ; попутно учтено серебро 142,2 т по кат. P_1 и 28,6 т по кат. P_2 .

Примерами ГРР на объектах с авторской оценкой прогнозных ресурсов являются Солчурское рудопроявление в Республике Тыва и Джалагунский участок в Иркутской области. Протоколом НТС № 12-44/20-8 от 25.06.2020 на Солчурском рудопроявлении утверждены авторские прогнозными ресурсами [4] в следующих категориях: свинцово-цинковые руды кат. P_1 – 16 107 тыс. т, P_2 – 6 237,1 тыс. т, цинка в них кат. P_1 – 355,39 тыс. т, P_2 – 398,6 тыс. т; свинца кат. P_1 – 169,11 тыс. т, P_2 – 153,05 тыс. т. В начале 2025 г. объект лицензирован.

На участок недр Джалагунский, по результатам аукциона в 2020 г. [8], выдана разведочная лицензия. По объекту оценены [9] следующие авторские прогнозными ресурсами: серебро кат. P_1 – 27 т, кат. P_2 – 93,6 т, категории P_3 – 241,8 т; свинец кат. P_1 – 15 тыс. т, кат. P_2 – 51,1 тыс. т, кат. P_3 – 219,9 тыс. т; цинк кат. P_1 – 372 тыс. т, кат. P_2 – 1 269,7 тыс. т, кат. P_3 – 3 140,8 тыс. т.

Состояние воспроизводства ресурсного потенциала за счёт средств федерального бюджета на территории СФО в 2020–2024 гг. (таблицы 4 и 5) рассмотрено ниже.

Значимые результаты на территории СФО получены в результате завершённых поисковых работ в 2022–2023 гг. на полиметаллические руды в пределах Новоникольской площади Алтайского края и Верхнерудиковской площади в Красноярском крае: на Новоникольской площади апробированы прогнозными ресурсами категорий $P_1 + P_2$ меди – 91,5 тыс. т, свинца – 251,9 тыс. т, цинка – 580,1 тыс. т, золота – 1,6 т и серебра – 101,4 т (Протокол ФГБУ «ЦНИГРИ» № 11 от 27.12.2022); на Верхнерудиковской площади апробированы прогнозными ресурсами категорий $P_1 + P_2$ свинца – 578 тыс. т, цинка – 685 тыс. т, попутных кадмия – 1545 т, серебра – 232 т (Протокол ФГБУ «ЦНИГРИ» № 28 от 24.12.2023 г.).

С учётом результатов поисковых работ в пределах Верхнерудиковской площади с 2025 г. начаты оценочные работы за счёт средств федерального бюджета, выявленные рудопроявления Новоникольской площади подготовлены для лицензирования или проведения оценочных работ за счёт средств федерального бюджета.

Табл. 4. Динамика прироста прогнозных ресурсов в СФО в результате геологоразведочных работ за счёт средств федерального бюджета

Год	Золото, т*		Серебро, т*		Медь, тыс. т		Свинец, тыс. т		Цинк, тыс. т	
	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂	P ₁	P ₂
СФО всего 2020–2024										
2020	15,56	7,21	60,8	0	0	0	0	0	0	0
2021	0,44	0	14,1	0	82,5	0	5,6	0	32,5	0
2022	15,99	5,92	87,3	14,1	84,9	6,6	241,1	10,8	551,8	28,3
2023	0	0	182	50	112,8	21,9	490,6	159,6	721,1	376,6
2024	31,61	6,35	4	39,2	17,7	13,1	24,4	97,2	103,8	190,3
Алтайский край всего 2020–2024										
2021	0,44		14,1		82,5		5,6		32,5	
2022	1,2	0,4	87,3	14,1	84,9	6,6	241,1	10,8	551,8	28,3
2023					112,8	21,9	52,6	19,6	219,1	191,6
2024	0,1	0,5	4	39,2	17,7	13,1	24,4	97,2	103,8	190,3
Красноярский край всего 2020–2024										
2020	5,9									
2022	6,67	2,74								
2023			182	50			438	140	502	185
2024	12,96	3,04								
Иркутская область всего 2020–2024										
2020		1,67								
2024	16,33	2,81								
Кемеровская область всего 2020–2024										
2020	9,66	5,54	60,8							
2024	2,22									
Республика Хакасия всего 2020–2024										
2022	8,12	2,78								

Примечание. * – с учётом попутных золота и серебра в комплексных рудах.

Табл. 5. Динамика ожидаемого прироста запасов и прогнозных ресурсов в СФО в результате геологоразведочных работ за счёт средств федерального бюджета

Год	Золото, т*			Серебро, т*			Медь, тыс. т			Свинец, тыс. т			Цинк, тыс. т		
	C ₁ +C ₂	P ₁	P ₂	C ₁ +C ₂	P ₁	P ₂	C ₁ +C ₂	P ₁	P ₂	C ₁ +C ₂	P ₁	P ₂	C ₁ +C ₂	P ₁	P ₂
СФО всего 2025–2028															
2026	0	0	0	0	0	0	75	0	0	150	100	400	360	400	1100
2027	0	15	119,5	80	0	800	0	100	250	210	40	300	240	150	700
Алтайский край всего 2025–2028															
2026							75			150			360		
2027			4,5			800		100			200				400
Красноярский край всего 2025–2028															
2026										100	400		400	1100	
2027				80						210			240		
Кемеровская область всего 2025–2028															
2027			85												
Республика Тыва всего 2025–2028															
2027								200	150		40	100		150	300
Томская область всего 2025–2028															
2027		15	30												

Примечание. * – с учётом попутных золота и серебра в комплексных рудах.

Кроме того, по результатам завершённых в период 2020–2024 гг. поисковых работ на рудное золото в Иркутской, Кемеровской областях, Красноярском крае и Республике Хакасия выявлены 6 средних по масштабу потенциальных месторождений, для которых были апробированы в значимом количестве прогнозные ресурсы золота категории P_1 (от 5,9 до 16,3 т), наиболее востребованные недропользователями.

К настоящему времени на территории СФО существенно изменилась структура ранних стадий ГРП на цветные и благородные металлы, выполняемых за счёт средств федерального бюджета. Из семи текущих объектов ГРП традиционные для региона поисковые работы выполняются только на трёх объектах, начаты оценочные работы на двух объектах и прогнозно-минерагенические работы на двух объектах.

Поисковые работы на полиметаллические руды проводятся в Красноярском крае и Республике Тыва, на золото – в Томской области с ожидаемым суммарным приростом прогнозных ресурсов категорий $P_1 + P_2$ меди – 250 тыс. т, свинца – 640 тыс. т, цинка – 1950 тыс. т, золота – 45 т.

Оценочные работы проводятся на Западно-Захаровской площади в Алтайском крае с завершением в 2026 г., и на упомянутой выше Верхнерудиковской площади в Красноярском крае с завершением в 2027 г., в результате которых ожидается прирост запасов категорий $C_1 + C_2$ меди – 75 тыс. т, свинца – 360 тыс. т, цинка – 600 тыс. т, серебра – 80 т.

Прогнозно-минерагенические работы начаты в регионе в 2025 г. в рамках федерального проекта «Геология: возрождение легенды», в том числе на полиметаллические руды в Золотушинском рудном районе Алтайского края и на рудное золото на Кундат-Талановской площади в Кемеровской области. Основным назначением этих работ является локализация к 2028 г. площадей для постановки поисковых ГРП с ожидаемыми суммарными прогнозными ресурсами категории P_2 меди – 100 тыс. т, свинца – 200 тыс. т, цинка – 400 тыс. т, серебра – 800 т, золота – 90 т.

На выделенных по результатам прогнозно-минерагенических работ перспективных участках с 2028 г. предусматривается проведение поисковых работ за счёт средств федерального бюджета на полиметаллические руды и рудное золото.

Выводы. МСБ АБЦМ Сибирского ФО имеет важное значение в процессе минерально-сырьевого обеспечения России. На её освоение и развитие оказывают влияние уникальные и крупные месторождения. Воспроизводство МСБ АБЦМ обеспечивается как за счёт доразведки и переоценки уже стоящих на Госбалансе месторождений, так и постановкой новых по результатам ГРП. Для устойчивого и поступательного развития сырьевой базы рассмотренных видов полезных ископаемых требуется интенсификация работ по восполнению «поискового задела» в целях выявления перспективных площадей и локализации в их пределах рудных полей и рудопроявлений и последующего доведения их до ранга месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Я. В., Корчагина Д. А., Куликов Д. А., Наумов Е. А., Конкин В. Д., Мигачёв И. Ф., Донец А. И., Барышев А. Н. Особенности освоения, воспроизводства и прогноз развития по 2040 г. сырьевой базы свинца и цинка России // Отечественная геология. – 2024. – № 2. – С. 19–37.
2. Иванов А. И., Черных А. И., Вартамян С. С. Состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Отечественная геология. – 2018. – № 1. – С. 18–28.
3. Постановление Правительства РФ № 335 от 01 марта 2023 г. (приложение «№ 2») О государственной экспертизе запасов полезных ископаемых и подземных вод, геологической информации о предоставляемых в пользование участках недр, об определении размера и порядка взимания платы за ее проведение.
4. *Бодайбо* нас ещё удивит [Электронный ресурс]. – URL: <https://gold.lprime.ru/20251007/606063.html> (дата обращения: 08.10.25)
5. *Годовой обзор* ПАО «Полнос» за 2024 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://polyus.com/ru/investors/results-and-reports/> (дата обращения: 09.09.25)
6. *Годовой отчёт* ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2024 год. [Электронный ресурс]. – URL: <https://nornickel.ru/investors/reports-and-results/annual-reports/> (дата обращения: 10.07.25)

7. *Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019–2023 гг.* [Электронный ресурс]. – URL: https://mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (дата обращения: 21.09.25)
8. *Джаллагун*, информация о проведении аукциона. Номер извещения № 111119/0880740/01 [Электронный ресурс]. – URL: https://rosnedra.gov.ru/activity/auksiony-i-konkursy/informatsiya_o_provedenii_otdelom_geologii_i litsenzirovaniya_po_irkutskoy_oblasti_departamenta_po_n_11257/ (дата обращения: 14.11.25)
9. *Джаллагун*, результаты аукциона [Электронный ресурс]. – URL: <https://nedradv.ru/nedradv/ru/auction?region=166934dd396104790a4a41bf77056bb5&status=04b9eb422197312541eaf7a4727acf37> (дата обращения: 14.11.25)
10. «*Полиметалл*» построил обогатительную фабрику на Ведуге [Электронный ресурс]. – URL: <https://gold.lprime.ru/20251203/616961.html> (дата обращения: 04.12.25)
11. *Сибирский* федеральный округ [Электронный ресурс]. – URL: <http://sfo.gov.ru/okrug/> (дата обращения: 15.11.25)
12. *Солчур*. Информация о проведении аукциона [Электронный ресурс]. – URL: https://rosnedra.gov.ru/activity/auksiony-i-konkursy/informatsiya_ob_itogakh_provedeniya_auksiona_na_pravo_polzovaniya_nedrami_s_tselyu_geologicheskogo_13875/ (дата обращения: 14.11.25)

REFERENCES

1. *Alekseyev Ya. V., Korchagina D. A., Kulikov D. A., Naumov Ye. A., Konkin V. D., Migachov I. F., Donets A. I., Baryshev A. N.* Osobennosti osvoeniya, vosproizvodstva i prognoz razvitiya po 2040 g. syr'yevoy bazy svintsya i tsinka Rossii [Features of development, reproduction and forecast of development by 2040 of the raw material base of lead and zinc in Russia], *Otechestvennaya geologiya*, 2024, No. 2, pp. 19–37. (In Russ.)
2. *Ivanov A. I., Chernykh A. I., Vartanyan S. S.* Sostoyaniye, perspektivy razvitiya i osvoyeniya mineral'no-syr'yevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [Status, prospects for development and exploration of the mineral resource base of gold in the Russian Federation], *Otechestvennaya geologiya*, 2018, No. 1, pp. 18–28. (In Russ.)
3. *Postanovleniye Pravitel'stva RF No. 335 ot 01 marta 2023 g. (prilozheniye "No. 2") O gosudarstvennoy ekspertize zapasov poleznykh iskopayemykh i podzemnykh vod, geologicheskoy informatsii o predstavlyayemykh v pol'zovaniye uchastkakh nedr, ob opredelenii razmera i poryadka vzimaniya platy za yeye provedeniye* [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 335 of March 1, 2023 (Appendix No. 2) On the state examination of mineral reserves and groundwater, geological information on subsoil areas provided for use, and on determining the amount and procedure for collecting fees for its implementation] (In Russ.)
4. *Bodaybo nas yeshcho udivit* [Bodaybo will surprise us yet], available at: <https://gold.lprime.ru/20251007/606063.html> (08.10.25) (In Russ.)
5. *Godovoy obzor PAO "Polyus" za 2024 g.* [Polyus PJSC Annual Review 2024], available at: [https://polyus.com/ru/investors/results-and-reports/\(09.09.25\)](https://polyus.com/ru/investors/results-and-reports/(09.09.25) (In Russ.)
6. *Godovoy otchet PAO "GMK "Noril'skiy nikel" za 2024 god* [Annual report of PJSC MMC Norilsk Nickel for 2024], available at: [https://nornickel.ru/investors/reports-and-results/annual-reports/\(10.07.25\)](https://nornickel.ru/investors/reports-and-results/annual-reports/(10.07.25) (In Russ.)
7. *Gosudarstvennyy доклад o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'yevykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2019–2023 gg.* [State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2019–2023.], available at: https://mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (21.09.25) (In Russ.)
8. *Dzhalagun*, informatsiya o provedenii auktsiona. Nomer izveshcheniya No. 111119/0880740/01 [Jalagun, information about the auction. Notice number No. 111119/0880740/01], available at: https://rosnedra.gov.ru/activity/auksiony-i-konkursy/informatsiya_o_provedenii_otdelom_geologii_i litsenzirovaniya_po_irkutskoy_oblasti_departamenta_po_n_11257/ (14.11.25) (In Russ.)
9. *Dzhalagun*, rezul'taty auktsiona [Jalagun, auction results], available at: <https://nedradv.ru/nedradv/ru/auction?region=166934dd396104790a4a41bf77056bb5&status=04b9eb422197312541eaf7a4727acf37> (14.11.25) (In Russ.)
10. «*Polimetall*» postroil obogatitel'nyuyu fabriku na Veduge [Polymetal built a processing plant at Veduga], available at: <https://gold.lprime.ru/20251203/616961.html> (04.12.25) (In Russ.)
11. *Sibirskiy federal'nyy okrug* [Siberian Federal District], available at: <http://sfo.gov.ru/okrug/> (15.11.25) (In Russ.)
12. *Solchur*. Informatsiya o provedenii auktsiona [Solchur. Information about the auction], available at: https://rosnedra.gov.ru/activity/auksiony-i-konkursy/informatsiya_ob_itogakh_provedeniya_auksiona_na_pravo_polzovaniya_nedrami_s_tselyu_geologicheskogo_13875/ (14.11.25) (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 24.11.25; одобрена после рецензирования 12.12.25; принята к публикации 12.12.25
The article was submitted 24.11.25; approved after reviewing 12.12.25; accepted for publication 12.12.25.

Прогноз и поиски медно-порфировых и сопряжённых благородно-металльных руд в Кавральянской металлогенической подзоне Охотско-Чукотской минерагенической провинции

Аннотация. Описаны методология и методы, применённые при прогнозировании и поисках медно-порфировых и сопряжённых благороднометалльных руд в Кавральянской подзоне Пенжинско-Анадырской металлогенической зоны Охотско-Чукотской минерагенической провинции. Они включали: создание структурно-формационной, геофизической и геохимической основ прогнозного районирования территории с оконтуриванием потенциальных рудных районов, эквивалентных рудно-магматическим системам с комплексной металлогенией, и потенциальных рудных полей, отвечающих их внутренним и фланговым частям; построение прогнозно-поисковых моделей таких систем; выделение на их основе перспективных участков для постановки поисковых работ.

Комплексный подход позволил положительно оценить перспективы выявления медно-порфировых месторождений на территории Юго-Западной Чукотки, о чём свидетельствуют: установленные формации трёх разновозрастных вулканоплутонических поясов, потенциально продуктивные на медно-порфировые и сопряжённые золото-полисульфидные и золото-серебряные руды; выявленные рудообразующие системы с металлогенической и рудно-метасоматической зональностью, соответствующей известным модельным построениям; локализованные и апробированные прогнозные ресурсы меди, золота и серебра Ольховского рудного поля.

Рассмотренные методические подходы к решению прогнозно-поисковых задач могут быть использованы при реализации будущих геологоразведочных проектов, направленных на обнаружение месторождений медно-порфировых и сопряжённых руд благородных металлов в Чукотском АО и Дальневосточном ФО в целом.

Ключевые слова: вулканоплутонические пояса, медно-порфировые месторождения, металлогения, прогноз, поиски, прогнозно-поисковые модели, рудно-магматические системы, рудные районы и поля.

ЗВЕЗДОВ ВАДИМ СТАНИСЛАВОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, начальник отдела, zvezdov@tsnigri.ru

МИГАЧЁВ ИГОРЬ ФЁДОРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, советник, migachev@tsnigri.ru

ЧУРИЛОВА ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА, ведущий инженер, churilova@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Geological forecasting and prospecting for porphyry copper deposits and for their associated precious metal ores in the Kavral'yan metallogenic subzone of the Okhotsk-Chukotka minerogenic province

V. S. ZVEZDOV, I. F. MIGACHEV, T. A. CHURILOVA

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TsNIGRI"), Moscow

Annotation. This paper describes the methodology and techniques of the forecasting and prospecting for porphyry copper deposits and associated precious metal ores, applied in the Kavral'yan subzone of the Penzhina-Anadyr metallogenic zone of the Okhotsk-Chukotka minerogenic province. These methods included: (1) development of a structural-formational, geophysical, and geochemical bases for the forecasting regionalization of the territory, with delineation of potential ore regions (equivalent to ore-magmatic systems with complex metallogeny) and of potential ore fields (corresponding to internal and flank portions of the regions); (2) development of forecasting exploration models of such ore-magmatic systems; and (3) identification, on this grounds, of promising areas for the geological exploration.

Such an integrated approach has ensured a positive assessment of the prospects for revealing new porphyry copper deposits in the territory of southwestern Chukotka. This is evidenced by the established geological formations of three volcano-plutonic belts of different ages, potentially productive for porphyry copper and associated gold-polysulfide and gold-silver ores; identified ore-forming systems with metallogenic and ore-metasomatic zonation corresponding to the well-known models; and localized and approved forecasted resources of copper, gold, and silver in the Olkhovka ore field.

These methodological approaches to solving the forecasting and exploration tasks can be implemented during the future exploration projects to discover new porphyry copper and their associated precious metal ore deposits in the Chukotka Autonomous Okrug and the Far Eastern Federal District as a whole.

Key words: volcano-plutonic belts, porphyry copper deposits, metallogeny, forecast, prospecting, forecasting and prospecting models, ore-magmatic systems, ore regions and fields.

Поиски месторождений медно-порфирового геолого-промышленного типа (ГПТ), обладающих значительными запасами Cu, Mo, Au, Ag, Re, являются одним из приоритетных направлений деятельности геологоразведочной отрасли Российской Федерации. Основными перспективами для их обнаружения обладают восточные регионы страны, в том числе Чукотский АО, где в Баимском рудном районе (РР) Ненкано-Баимской металлогенической зоны (МЗ) юрско-раннемелового Курьинского вулcano-плутонического пояса (ВПП) находится крупное Au-Mo-Cu-порфировое месторождение Песчанка. В том же районе расположены рядовое месторождение Находка и несколько рудопроявлений того же типа, а также сопряжённые с ними в объёме единой комплексной медно-порфировой рудно-магматической системы (КМП РМС) мезо- и эпиптермальные проявления Au-полисульфидных и Au-Ag жильно-прожилковых руд. Юго-восточнее в названном поясе находится Иннахский потенциальный рудный район (ПРР) с серией подобных рудопроявлений. Кроме них на территории Юго-Западной Чукотки для поисков медно-порфировых месторождений перспективны также Танюрерский, Ольховский, Серовский, Хиузно-Ушканьинский и Цирковой ПРР, выделенные в структурах позднеюрско-неокомового Удско-Мургальского, ранне-позднемелового Охотско-Чукотского и палеоценового Оклано-Пенжинского ВПП (рис. 1). Первый и третий из названных поясов относятся к числу рифтогенных, сложенных островодужными вулcano-плутоническими ассоциациями (ВПА). От островодужных надсубдукционных базальтоидных ВПП они отличаются существенной ролью андезитовой составляющей в вулcanoгенных формациях и низкими содержа-

ниями Au в рудах медно-порфировых объектов. Кроме того, для них характерны низкие содержания Mo.

В поперечном латеральном ряду позднемезозойских и кайнозойских геоструктур Охотско-Чукотский окраинно-континентальный (орогенно-активизационный) андезитоидный ВПП смещён (с частичным перекрытием) относительно предшествующего Удско-Мургальского вглубь континента, а самый молодой Оклано-Пенжинский – смещён в противоположном направлении. На рассматриваемой территории эти пояса протягиваются параллельно друг другу, образуя единую дугообразную систему северо-восточной ориентировки в области сочленения Азиатского континента с позднемезозойскими окраинно-морскими и островодужными геоструктурами Корьякско-Западно-Камчатского региона [20].

ВПА Охотско-Чукотского и предшествующего Удско-Мургальского ВПП прослеживаются по окраине континента далеко на юго-запад вплоть до Удского залива и Джугджурского хребта. Наиболее крупные выходы островодужных комплексов второго из поясов (вулcanoгенных, плутоногенных, вулcanoгенно-терригенных, терригенных, молассовых) на дневную поверхность отмечены на полуостровах Тайгонос, Кони-Пьягина, Охотском побережье, хребте Джугджур [24], где Кони-Тайгоноская (Удско-Мургальская) раздвиговошовная (рифтогенная) зона «отделяет» Евразийскую плиту от Охотской (Охотоморской). На северо-восток эти же пояса протягиваются до Берингова пролива.

Ольховский и расположенный южнее Серовский ПРР выделены при среднемасштабном прогнозировании в Кавральянской подзоне (МПЗ) Пен-

жинско-Анадырской металлогенической зоны Охотско-Чукотской минерагенической провинции. Подзона протяжённостью более 100 км и площадью около 2350 км² околонулена по ареалу распространения габбро-диорит-гранодиорит-гранитной (с монзонитоидным уклоном) формации (кавралянского комплекса) раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП, продуктивной на медно-порфиновые руды, в специфической обстановке сочленения (по зоне Анадырского глубинного разлома) вулканопрогибов данного пояса и Мургалевского горст-антиклинория (рис. 2).

В 2009–2012 гг. на Убиенкинской, Ольховской и Серовской лицензионных площадях в названных ПРР за счёт средств федерального бюджета ФГУП «ЦНИГРИ» и ОАО «Георегион» были проведены поисковые работы, целью которых являлась оценка перспектив выявления медно-порфировых месторождений с локализацией и оценкой прогнозных ресурсов меди и попутных компонентов руд, подготовкой рекомендаций по дальнейшим ГРР и лицензированию участков недр. Для достижения поставленной цели был применён стандартный *прогнозно-поисковый комплекс (ППК)* методов и методик, разработанный в ЦНИГРИ применительно к месторождениям цветных и благородных металлов, включая медно-порфиновые [16, 17, 22, 23 и др.].

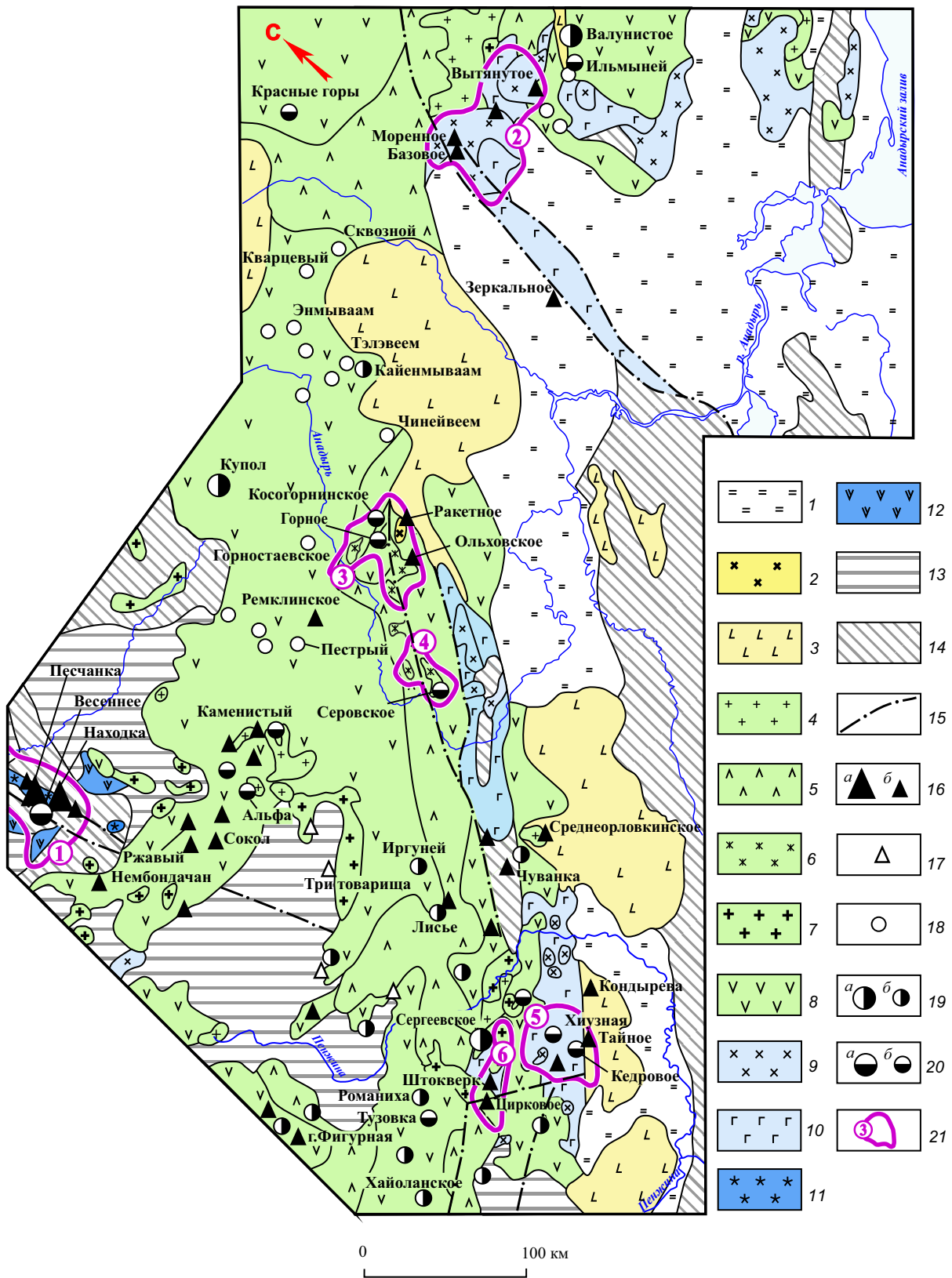
В поисковых работах на Убиенкинской и Серовской площадях участвовали сотрудники института: В. Е. Васюков, В. С. Звездов (руководитель работ по проекту), О. В. Минина, В. В. Столяренко, Е. Е. Чернов, Д. А. Шумилин. Эти работы включали в себя: *предполевые исследования*: сбор, анализ и комплексную интерпретацию фондовых материалов предшествующих ГРР с построением предварительных (рабочих) вариантов прогнозно-поисковых моделей (ППМ) потенциальных рудных районов (ПРР) и полей (ПРП), геологических и прогнозных карт, планов и разрезов; *полевые работы*: специализированные геологические и геолого-поисковые маршруты масштаба 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000–1 : 2 000; геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) по площадям: ПРР масштаба 1 : 50 000, ПРП – 1 : 25 000, участку Ольховскому – 1 : 10 000; магнито- и электроразведку (СЭП-ВП, ВЭЗ-ВП, ЕП), гамма-спектрометрию масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000 в пределах ПРП; проходку канав и бурение керновых скважин (с ГИС) на перспективных поисковых участках (ПУ); опробование (штуфное, ско-

ловое, бороздовое, керновое и др.); *лабораторные петрографические, рудно-микроскопические и аналитические исследования*; камеральную обработку результатов. ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» проведена комплексная интерпретация данных региональных гравитационной и аэромагнитной съёмок территории с составлением геофизической основы (ГФО) её районирования, которая в комплексе с результатами космодешифрирования учтена при околонуливании разномасштабных металлогенических таксонов, а также материалов наземных геофизических съёмки, учтённых при выделении поисковых участков.

На Ольховской лицензионной площади поисковые работы за счёт госбюджета в 2009–2012 гг. были проведены ОАО «Георегион». Петрология рудомещающих плутонических комплексов, состав руд и метасоматическая зональность Ольховского рудопоявления были изучены сотрудниками ЦНИГРИ А. В. Андреевым, О. В. Авиловой, Р. Х. Мансуровым, В. Г. Сапожниковым.

По данным выполненных полевых и лабораторно-аналитических работ были уточнены ППМ, построены разномасштабные (1 : 50 000–1 : 10 000 и 1 : 5 000–1 : 500) геологические и прогнозные карты, планы и разрезы ПРР, ПРП и ПУ; локализованы и оценены прогнозные ресурсы меди, золота, серебра. Материалы исследований изложены в отчётах [15, 19] и частично в статьях [1, 5, 20]. Однако многие результаты в открытой печати не опубликованы, в частности: созданные структурно-формационная, геофизическая и геохимическая основы районирования Кавралянской МПЗ и прогнозирования в её пределах медно-порфирового и сопряжённого благороднометалльного оруденения; прогнозно-поисковые модели ПРП; результаты геолого-геофизического моделирования и специализированных минералого-геохимических и изотопно-геохимических исследований руд и околорудных метасоматитов, учтённые при оценке перспективности ПУ и определении очередности постановки на них заверочных горно-буровых работ.

Эти материалы могут представлять определённый интерес для реализации дальнейших геологоразведочных проектов, направленных на поиски медно-порфировых и сопряжённых месторождений благородных металлов в восточных регионах России, что послужило основанием для написания двух статей. В первой статье, представленной в настоящем номере журнала, рассмотрены



региональные основы прогнозного районирования территории Кавральянской подзоны и прогнозно-поисковые модели выделенных в её пределах ПРП, эквивалентных внутренним и фланговым (периферийным) частям медно-порфировых РМС. Во второй статье планируется более подробно показать применённые для выделения и разбраковки поисковых участков методы и методики – традиционные и специализированные минералого-геохимические и изотопно-геохимические, а также обсудить возможные причины низких содержаний меди и попутных компонентов в рудах изученных объектов.

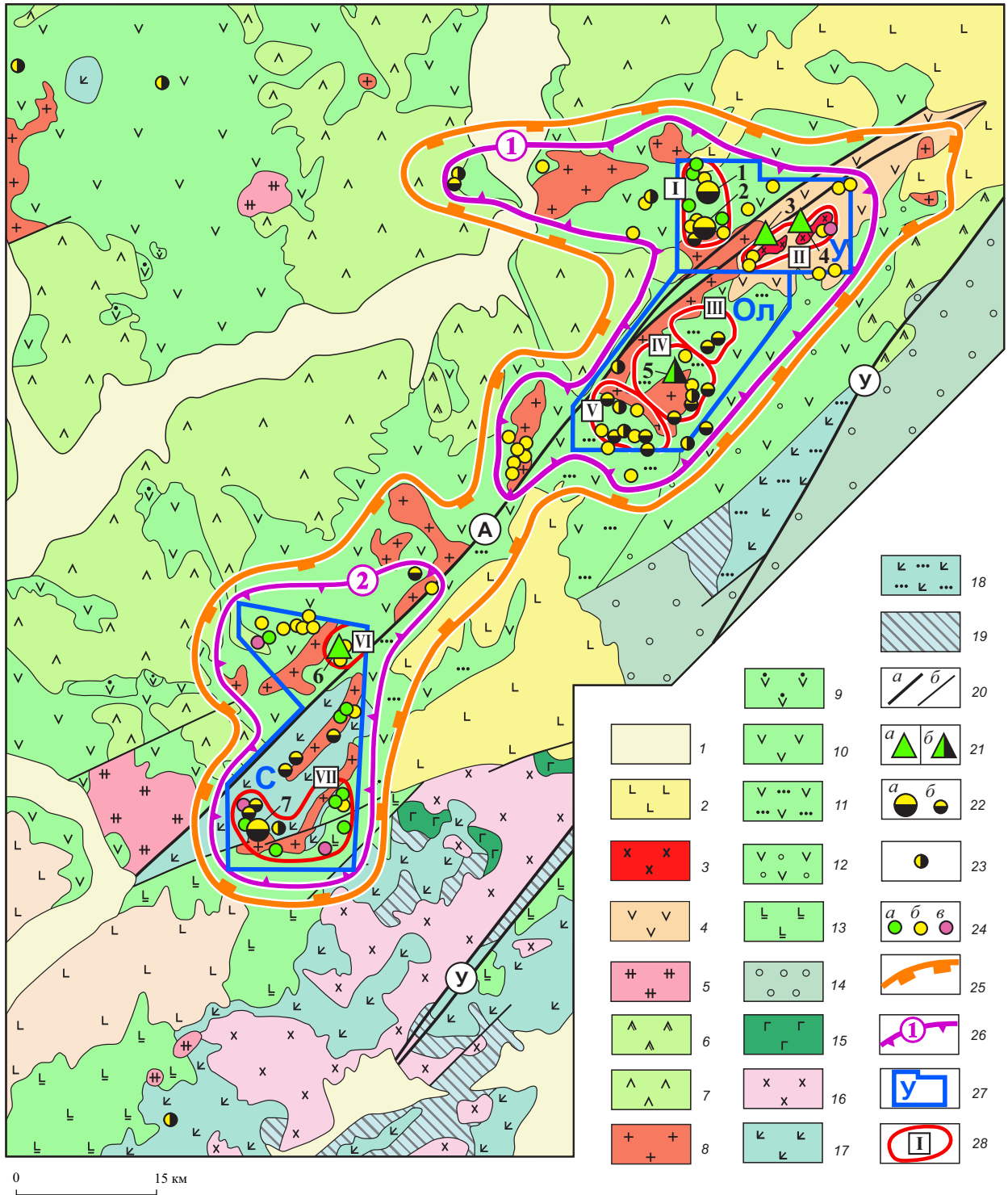
Структурно-формационная основа районирования. На рис. 2 показана геологическая карта Кавральянской МПЗ на формационной основе масштаба 1 : 500 000 с элементами прогноза медно-порфировых и сопряжённых золото-полисульфидных и золото-серебряных руд. Она построена В. С. Звездовым, И. Ф. Мигачёвым, О. В. Мининой по результатам анализа данных Государственных геологических карт, карт полезных ископаемых масштаба 1 : 200 000, объяснительных записок к ним (листы Q-59-XX, XXI, XXV, XXVI), материалов предшествующих геолого-съёмочных и поисковых работ масштаба 1 : 50 000–1 : 25 000 1964–1980 гг., поисковых работ ФГУП «ЦНИГРИ» и ОАО «Георегион» 2009–2012 гг. При составле-

нии карты учтена ГФО районирования территории, подготовленная специалистами ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» Ю. В. Асламовым, В. Л. Альтманом, А. В. Тарасовым и др. по результатам интерпретации материалов гравитационной масштаба 1 : 200 000 и аэромагнитной масштаба 1 : 50 000 съёмок, а также геохимическая основа прогнозирования, созданная сотрудниками ОАО «Георегион» и ЦНИГРИ по данным площадного литохимического опробования масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000.

Структурный, формационный и рудно-формационный анализы геологических карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 показал, что основными элементами строения МПЗ являются горст-антиклинальные поднятия северо-восточного простирания – Убиенкинское, Серовское и Щучьих гор Мургалевского горст-антиклинория, сложенного структурно-вещественными комплексами (СВК) Удско-Мургалевского ВПП и его палеоостроводужного основания. В ядерных частях этих поднятий – интрузивные массивы нескольких формаций, принадлежащие Пенжинско-Анадырскому звену Охотско-Чукотского и северному (Анадырскому) сегменту Оклано-Пенжинского поясов. С северо-запада к поднятиям примыкает Нижне-Еропольский (Верхне-Анадырский) вулcano-тектонический прогиб протяжённостью более 100 км и шириной

Рис. 1. Мезо-кайнозойские вулcano-плутонические пояса юго-западной Чукотки с золото-молибден-медно- и медно-порфировыми, золото-полисульфидными и золото-серебряными месторождениями и проявлениями. По [20] с изменениями:

1 – неоген-четвертичные рыхлые отложения; 2–12 – магматические формации ВПП: 2–3 – Оклано-Пенжинского (P_1): 2 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная и контрастная базальт-андезит-дацитовая, 3 – контрастная андезит-дацитовая, 4–8 – Охотско-Чукотского ($K_{1,2}$): 4–5 – позднего этапа становления пояса: 4 – диорит-гранодиорит-гранитная и гранит-лейкогранитная, 5 – андезит-андезибазальтовая и дацит-риодацит-риолитовая (игнимбритовая), 6–8 – раннего этапа: 6 – габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцитонитовидным уклоном поздних фаз (кавальянский комплекс), 7 – монцитонитовидная габбро-диорит-гранодиорит-гранитная и габбро-диорит-тоналит(гранодиорит)-плагиогранитная в полиформационных плутонах, 8 – предпоясовая вулcanoгенно-молассовая, андезибазальт-андезитовая, андезитовая, андезит-дацит-риолитовая и дацит-риодацитовая, 9–10 – Удско-Мургалевского (J_3-K_1nc): 9 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная, 10 – андезибазальт-андезитовая терригенно-вулcanoгенная, 11–12 – Курьинского (J_3v-K_1b-v): 11 – габбро-монцитонитовая (егдэгычский комплекс), 12 – субщелочные базальтовая и андезит-дацит-риолитовая терригенно-вулcanoгенные; 13–14 – комплексы основания поясов, обнажающиеся в выступах фундамента: 13 – существенно терригенные, 14 – терригенно-вулcanoгенные; 15 – основные разрывные нарушения; 16–20 – месторождения (крупные знаки) и рудопроявления: 16 – Au-Mo-Cu-порфировые и (Mo)-Cu-порфировые, 17 – жильные молибденовые, 18 – золото-серебряной формации (без разделения на РФТ), 19 – золото-теллурического и золото-серебряного типов, 20 – золото-полисульфидного типа; 21 – контуры известных и потенциальных рудных районов и узлов: Баимского (1), Танюрерского (2), Ольховского (3), Серовского (4), Хиузно-Ушканьинского (5), Циркового (6); ареалы распространения платобазальтов (Q) не показаны



свыше 40 км, выполненный вулканитами Охотско-Чукотского ВПП, в структуре которого по космоснимкам и данным геологической и геофизической съёмки выделены локальные вулканотектонические структуры (вулканические депрессии, кальдеры) – Тополевская, Косогорненская, Сайбинская, Авдеевская, Соболевская, Халанкинская.

Восточная часть территории, вплоть до Убиенкинского разлома, сложена вулканомиктовыми отложениями андезит-дацит-риодацитово-формации, синхронными и предпоясовыми молассовыми толщами, более поздними вулканитами дацит-риолитовой (игнимбритовой) формации названного пояса, а также породами андезитовой и габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (мургалский комплекс) формаций предшествующего Удско-Мургалского ВПП (см. рис. 2).

Главным структурным элементом рассматриваемой территории является Анадырский глубинный разлом СВ ориентировки, представляющий собой серию сближенных субпараллельных и кулисообразно расположенных крутопадающих разрывных нарушений в зоне шириной до 2 км, проявленной смятием, дроблением и гидротермальным изменением пород. Разлом контролирует положе-

ние поздне меловых интрузивов, даек, вулканотектонических структур и на значительном протяжении является северо-западной границей Мургалского антиклинория, а на юго-западе, в бассейне р. Пенжины, – внешней и внутренней зон Охотско-Чукотского пояса. Он трассируется крупной гравитационной ступенью, а в магнитном поле выражен цепочками интенсивных отрицательных аномалий.

С востока антиклинорий ограничен Убиенкинским глубинным разломом, выраженным зоной дробления мощностью в первые сотни метров. Он контролирует размещение вулканогенных и интрузивных пород Удско-Мургалского ВПП. Юго-восточный фланг Мургалского горст-антиклинория ограничен Ничквеевским глубинным разломом, отделяющим его от Пенжинского прогиба. Он представлен несколькими кулисообразными крутопадающими разрывами северо-восточного направления в зоне шириной 400–500 м.

На карте Кавральянской МПЗ оконтурены ареалы распространения вулканических и комагматических плутоногенных образований трёх вышеупомянутых ВПП, возраст которых определён по наблюдаемым пространственно-временными взаи-

Рис. 2. Геологическая карта Кавральянской металлогенической подзоны:

1 – современные рыхлые отложения; 2 – платобазальты (Q); 3–19 – формации ВПП, предпоясовых и синхронных прогибов: 3–4 – Окляно-Пенжинского (Р): 3 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная (рудноносный ракетный комплекс): габбро, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры, тоналит-порфиры, плагиогранит-порфиры, 4 – контрастная базальт-андезит-дацитовая: базальты, андезиты и их туфы, дациты, 5–14 – Охотско-Чукотского (K_1a – al – K_2): 5–7 – позднего этапа становления (пострудные): 5 – граносиенит-гранитная, 6 – дацит-риолитовая (игнимбритовая), 7 – андезибазальтовая, 8–14 – раннего этапа: 8 – габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцитонитовым уклоном (рудноносный кавральянский комплекс) с ранней габбро-диорит-кварц-диоритовой и поздней габбро-монцитонит-кварц-монцитонитовой группами пород, 9–11 – андезит-дацит-риодацитовая: 9 – дациты, риодациты, 10 – андезиты и андезибазальты, 11 – вулканомиктовые фации с прослоями туфов андезитов и андезибазальтов, 12 – синхронные молассовые толщи – конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, 13 – базальт-андезибазальтовая, 14 – терригенная мелководно-морская молассовая (предпоясовая и синхронная ВПП), 15–19 – Удско-Мургалского (K_1nc): 15–16 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная (мургалский комплекс): 15 – габбро, 16 – диориты, гранодиориты, плагиограниты, 17 – андезит-базальт-андезитовая (туфы, агломераты, лавобрекчии, лавы), 18 – андезитовая вулканомиктовая с горизонтами лав и туфов, 19 – вулканогенно-терригенные формации (J_3 – K_1v) основания ВПП; 20 – разломы: а – глубинные: Анадырский (А), Убиенкинский (У), б – второстепенные; 21–24 – рудопроявления (крупный знак) и пункты минерализации (мелкий знак): 21 – медно-порфирового ГПТ: а – Си-порфировые: Ракетное Центральное (3), Ракетное Восточное (4), Ветка (6), б – Au-(Mo)-Си-порфировое Ольховское (5), 22 – золото-полисульфидные: Косогорненское (1), Горное (2), Серовское (7), 23 – золото-серебряные, 24 – неясной формационной принадлежности: медные (а), золотые (б), молибденовые (в); 25–26 – границы: 25 – Кавральянской металлогенической подзоны, 26 – потенциальных рудных районов: Ольховского (1), Серовского (2); 27 – лицензионные площади поисковых работ 2010–2012 гг. ФГУП «ЦНИГРИ» и ОАО «Георегион»: У – Убиенкинская, Ол – Ольховская, С – Серовская; 28 – потенциальные рудные поля: Горное (I), Ракетное (II), Роковое (III), Ольховское (IV), Правуюбиенкинское (V), Веткинское (VI), Пожарское (VII)

моотношениями и подтверждён U-Pb датированием цирконов интрузивных пород основных фаз рудоносных формаций [20]; показаны разрывные нарушения различных порядков, известные проявления Cu-порфировых, Au-полисульфидных и Au-Ag руд. По установленным геологическим, металлогеническим, геофизическим и геохимическим данным, рассмотренным ниже, на территории Кавральянской подзоны были выявлены Ольховская и Серовская КМП РМС и оконтурены эквивалентные им ПРР.

Ольховский ПРР (~ 950 км²) выделен в северо-восточной части Кавральянской МПЗ в зоне сопряжения крупного (размер в плане 50 × 25 км) Убиенкинского магматогенного поднятия Мургалевского горст-антиклинория с Нижне-Еропольским вулканическим прогибом и охватывает два в различной степени поднятых тектонических блока, разделённых Анадырским глубинным разломом (см. рис. 2).

Юго-восточный тектонический блок, которому соответствует Ольховская перспективная площадь, включает Левокавральянский и Ольховский гранитоидные массивы монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации (кавральянского комплекса) и комагматичные вулканогенные породы андезитовой (убиенкинская свита) и андезит-дацит-андезидацитовой (кавральянская свита) формаций позднемеловой ВПА раннего этапа становления Пенжинско-Анадырского звена Охотско-Чукотского пояса. По данным космодешифрирования, аэромагнитной и гравиметрической съёмок здесь выделена крупная (около 25 км в диаметре) Кавральянская вулканоплутоническая структура (ВПС), ограниченная кольцевыми разломами. С интрузивной составляющей ВПА ассоциируют проявления медно-порфировых руд, наиболее крупным из которых является Ольховское, сопряжённое с одноимённым многофазным плутоном, с вулканогенной – проявления Au-полисульфидных и Au-Ag жильных и прожилково-вкрапленных руд.

В этом же тектоническом блоке, на северо-восточном фланге Ольховского ПРР – на Убиенкинской перспективной площади – специалистами ФГУП ЦНИГРИ впервые выделена ВПА более позднего – палеоценового – Окляно-Пенжинского пояса, объединяющая вулканы риолит-базальт-андезиобазальтовой (энмываамской свиты) и плутоны габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной (ракетного комплекса) формаций, с которыми

сопряжены Ракетное Cu-порфировое проявление и многочисленные пункты Au-Ag минерализации. В интрузивном массиве ракетного комплекса отмечаются многочисленные ксенолиты гранитоидов более раннего кавральянского.

Северо-западный тектонический блок включает прибортовую часть Нижне-Еропольского прогиба, примыкающего к Убиенкинскому поднятию. В его строении участвуют породы ВПА раннего этапа становления Охотско-Чукотского ВПП – вулканы эмунеретской свиты дацит-андезидацит-риолитовой формации и прорывающие их гранитоиды кавральянского комплекса, слагающие Кавральянский и Топольевский массивы. В пропильтизированных, серицитизированных, окварцованных (вплоть до вторичных кварцитов) вулканогенных породах отмечаются многочисленные проявления жильной и прожилково-вкрапленной Au-полисульфидной минерализации, которые в комплексе с другими поисковыми признаками (вторичными геохимическими ореолами свинца, цинка, серебра) могут рассматриваться как признаки внешних частей КМП РМС. Наиболее значимыми среди них являются Горное и Косогорнинское (Косое) рудопроявления.

Таким образом, в Ольховском районе были выявлены две РМС: Ольховская с комплексной металлогенией и Ракетная, в строении которых участвуют магматические комплексы разновозрастных ВПП – Охотско-Чукотского и Окляно-Пенжинского. Обе представляют собой ВПС, во внутренних частях которых (интрузивных массивах Убиенкинского поднятия) локализованы Ольховское и Ракетное медно-порфировые проявления, а во внешних – в комагматичных вулканах упомянутого прогиба – мезо- и эпипермальные проявления Au-полисульфидной (Горное и Косогорнинское) и Au-Ag-ной минерализации (в первой из названных систем).

По своим характеристикам Ольховский район может быть отнесён к группе наиболее распространённых КМП РМС, сформированных на сочленениях выступов фундамента поясов с вулканотектоническими прогибами. Отличительной чертой таких систем является латеральная магматическая и рудно-формационная зональность [10].

Серовский ПРР (~ 40 км²) охватывает два разделённых Анадырским глубинным разломом магматогенных поднятия в структуре Охотско-Чукотского ВПП – Серовское (размер в плане – 30 × 15 км) и Щучьих гор (40 × 10–15 км). Ядрами поднятий

являются крупные одноимённые (с поднятиями) массивы гранитоидов кавральянского комплекса монцитонитовой габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации. Вмещающие породы, выполняющие Нижне-Еропольский прогиб в северной и южных частях района, принадлежат позднемеловым базальт-андезит-базальтовой и андезит-дацит-андезидацитовым формациям раннего этапа становления андезитоидного Охотско-Чукотского пояса.

В центральной части района провис кровли подковообразного в плане Серовского массива гранитоидов кавральянского комплекса сложен вулканитами андезит-базальт-андезитовой формации готеривского возраста Удско-Мургальского ВПП. Здесь в экзоконтактной зоне вытянутого в северо-восточном направлении выступа-апофизы этого массива зафиксированы несколько пунктов Си и Ау-полисульфидной минерализации (см. рис. 2).

На северном фланге района в северо-западном экзоконтакте интрузива того же комплекса в андезитах и андезибазальтах Охотско-Чукотского пояса отмечены проявления Си, Ау и Мо. Закартированы также более поздние мелкие штокообразные тела ракетного комплекса палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации Оклано-Пенжинского пояса. С небольшим Веткинским штоком этого комплекса сопряжено медно-порфировое проявление Ветка.

В южной части района в эндо-экзоконтактных зонах Серовского массива в интенсивно пиритизированных кварц-серицитовых, существенно кварцевых, кварц-серицит-хлоритовых метасоматитах, сменяющихся на периферии пропилитами, установлены кварц-турмалиновые, кварцевые и кварц-карбонатные полисульфидные жилы. Наиболее крупным является Серовское Ау-полисульфидное проявление, локализованное в юго-западном эндоконтакте интрузива.

По геолого-структурной позиции, минеральному и вещественному составу руд и околорудных метасоматитов Ау-полисульфидные проявления Серовского ПРР могут принадлежать фланговой зоне КМП РМС той же группы, что и Ольховская, то есть сформированных на сочленениях выступов фундамента поясов с вулканотектоническими прогибами. Однако для решения этого вопроса необходимы дополнительные исследования.

Формационное расчленение породных комплексов трёх вышеназванных ВПП позднемезозойской континентальной окраины Юго-Западной Чу-

котки и их пространственно-временные связи с объектами разных рудно-формационных типов (РФТ) рассмотрены в статье И. Ф. Мигачёва и др. [20]. В ней сделан вывод о том, что главным фактором – *региональным критерием рудоносности*, определяющим перспективы Кавральянской МПЗ для поисков медно-порфировых и сопряжённых благороднометалльных руд, – является совмещение в пространстве потенциально продуктивных ВПА этих поясов и их плутоногенных составляющих – формаций: неокомовой габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (мургальский комплекс) Удско-Мургальского ВПП, позднемеловой габбро-диорит-гранодиорит-гранитной монцитонитовой (кавальянский комплекс) раннего этапа становления Охотско-Чукотского и палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной (ракетный комплекс) Оклано-Пенжинского. Все известные к настоящему времени рудные объекты рассматриваемой территории парагенетически связаны с двумя последними. С габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной формацией Удско-Мургальского пояса ассоциируют медно-порфировые проявления Базовое и Моренное Танюерского РР в северо-восточном звене этого ВПП, Лора, Прямой, Викинг и Икрумунское Шхиперовского ПРР в Кони-Пьягинском сегменте.

Другим благоприятным фактором является *геоструктурная обстановка* – сочленение магматогенных поднятий Мургальского горст-антиклинория с локальными структурами (вулканическими депрессиями, кальдерами) Нижне-Еропольского вулканотектонического прогиба. Подобная обстановка характерна для большинства КМП РМС восточных регионов России, вмещающих обычно рядовые и мелкие медно-порфировые и сопряжённые мезо- и эпитептермальные Ау-полисульфидные и Ау-Аг объекты. Большинство крупных и сверхкрупных медно-порфировых месторождений Мира, к которым относятся Песчанка и Малмыжское в России, локализовано в РМС магматогенных поднятий фундамента ВПП с ограниченным развитием либо отсутствием комагматичных вулканитов.

О перспективности Кавральянской МПЗ свидетельствуют: обширные поля гидротермально-изменённых пород, приуроченные к эндо-экзоконтактным зонам многофазных интрузивов, штоков и даек их завершающих порфировых фаз; наличие наряду с единичными медно-порфировыми рудопроявлениями многочисленных пунктов минерализации и проявлений золота, серебра, поли-

металлов, которые могут принадлежать фланговым и верхним периферийным частям КМП РМС; присутствие масштабных, высоких по интенсивности, ВОР Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, потоков рассеяния этих элементов и Au, а также шлиховых ореолов золота, шеелита, киновари.

Геофизическая основа районирования. Для создания *геофизической основы* металлогенического районирования была подготовлена электронная база исходных аэромагнитных и гравиметрических данных по листам Q-59-XV, XVI, XX, XXI, XXII, XXVI, XXVII. При построении сводных цифровых моделей и карт аномальных геофизических полей территории с осевым меридианом 171 °в.д. использованы матрица со значениями (Δg)_б по сети 1,0 × 1,0 км (редукция Буге, плотность промежуточного слоя 2,67 г/см³, уровень условный), подготовленная в 2001 г. для ГФО ГГК-1000/3 по листу Q-59,60 (Анадырь), и отчётные карты графиков (ΔT_a) масштаба 1 : 50 000, переведённые в цифровую форму [3].

Геолого-геофизическая интерпретация разработанных моделей и построенных карт магнитного и гравитационного полей в масштабе 1 : 200 000 включала: линеаментный анализ с целью трассирования линейных и радиально-кольцевых структурных элементов; расчёты локальных аномалий с составлением соответствующих карт; районирование территории по особенностям геофизических полей и их локальных составляющих; а в масштабе 1 : 500 000 – составление погоризонтных срезов магнитного и гравитационного полей, рассчитанных методом частотной (послойной) фильтрации в интервале глубин 2–5 км, а на их основе – серии разрезов, характеризующих эти поля.

Результирующие геофизические материалы были использованы для выделения комплексов и блоков пород, относительно однородных по физическим параметрам. Сложность геологического строения анализируемой территории, где присутствуют СВК трёх разновозрастных ВПП и их фундамента, не позволяет однозначно отождествлять выделенные площади с близкими геофизическими характеристиками с ареалами развития конкретных геологических формаций. Однако в комплексе с данными геологического картирования они могут быть учтены при оконтуривании: полей распространения вулканогенных и интрузивных пород разного состава; отдельных плутонов, включая их не выходящие на дневную поверхность части; радиально-кольцевых структур; а также прослежи-

вания разрывных нарушений – региональных глубинных и сопряжённых с ними разломов низших порядков, что и было сделано специалистами ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» [3] при составлении *структурно-тектонической схемы* Кавральянской МПЗ масштаба 1 : 200 000 (рис. 3).

На этой схеме, построенной по картам исходных и трансформированных геофизических полей, выделены основные тектонические структуры, а также отдельные фрагменты (блоки) изученной территории, сложенные породами основного, среднего и кислого составов, в том числе принадлежащими потенциально продуктивным на медно-порфиновые руды магматическим комплексам. Главные тектонические нарушения района северо-восточной ориентировки – зона Анадырского глубинного разлома, отделяющего Мургалское поднятие от Нижне-Еропольского прогиба, и Убиенкинский глубинный разлом в восточном ограничении Мургалского антиклинория – отражаются в гравитационном поле в виде линейных отрицательных аномалий, в магнитном – положительных. Зоны разломов с пирротинизацией вмещающих пород, а также области ороговикования трассируются протяжёнными зонами повышенных значений магнитного поля различной интенсивности и направления.

Кольцевые структуры – вулканотектонические депрессии (ВТД) и вулканоплутонические системы (ВПС), ограниченные дугowymi и осложнённые радиальными разломами, отражаются в поле силы тяжести дугowymi аномалиями. Локальные ВТД (кальдеры палеовулканов) – Тополевская, Косогорненская, Сайбинская, Авдеевская, Соболевская, Халанкинская – фиксируются кольцевыми локальными минимумами гравитационного поля и иногда дугowymi положительными аномалиями магнитного. В центре некоторых из них отмечаются положительные гравитационные аномалии, отражающие, вероятно, жерловые лавовые фации (некки), обладающие большей плотностью и мощностью в сравнении с дистальными, преимущественно туфовыми.

ВПС также фиксируются положительными гравитационными аномалиями в центральных частях, «занятых» полифазными гранитоидными массивами кавральянского комплекса Охотско-Чукотского ВПП, выходящими на дневную поверхность либо прогнозируемыми на глубине, и кольцевыми отрицательными в периферийных, где распространены комагматичные и более ранние вул-

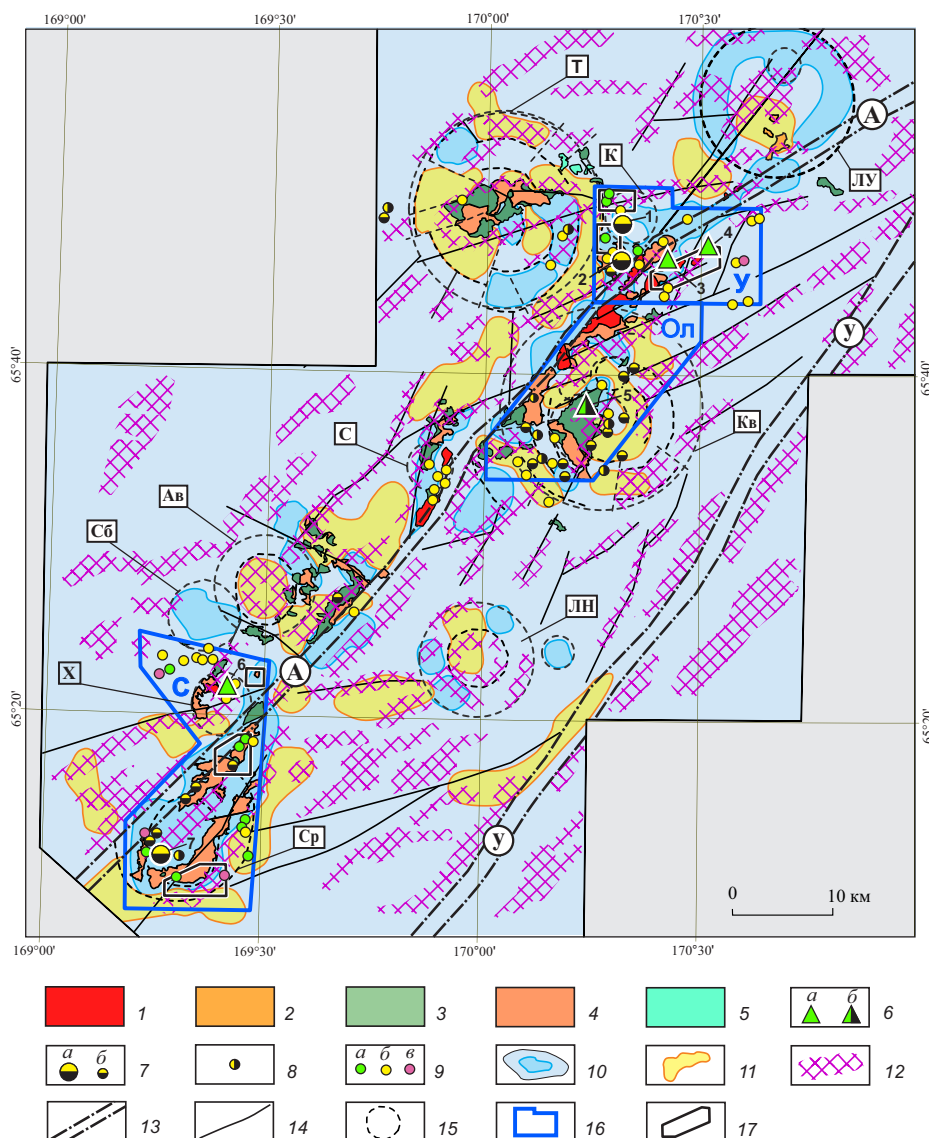


Рис. 3. Структурно-тектоническая схема Кавральянской металлогенической подзоны по данным интерпретации аэромагнитной масштаба 1 : 200 000 и гравиметрической масштаба 1 : 50 000 съёмки в пределах листов Q-59- XV, XVI, XX, XXI, XXII, XXVI, XXVII. По [3], с дополнениями по данным геологических карт и карт полезных ископаемых перечисленных листов:

1–5 – типы пород: 1 – граниты, 2 – граниты, кварцевые монцониты, 3 – кварцевые монцониты, диориты, 4 – кварцевые диориты, 5 – диориты; 6–9 – рудопроявления (крупный знак) и пункты минерализации (мелкий знак): 6 – а – медно-порфировые (Ракетное Центральное (3) и Ракетное Восточное (4), б – Au-(Mo)-Си-порфировое Ольховское (5), 7 – Au-полисульфидные Косогорненское (1), Горное (2) и Серовское (6), 8 – золото-серебряные, 9 – неясной формационной принадлежности: медные (а), золотые (б), молибденовые (в); 10–11 – области локальных аномалий гравитационного поля: 10 – отрицательных, 11 – положительных; 12 – оси линейных протяжённых зон повышенных значений магнитного поля различной интенсивности и направления (отражают зоны тектонических нарушений с пирротинизацией вмещающих пород, области ороговикования); 13–15 – тектонические нарушения, выделенные по комплексу геолого-геофизических данных: 13 – зоны глубинных разломов: Анадырского (А), Убиенкинского (У), 14 – разрывные нарушения низших порядков северо-восточного и восток-северо-восточного простирания, 15 – кольцевые и радиальные разломы ВТД (Т – Тополевская, К – Косогорненская, С – Сайбинская, Ав – Авдеевская, Сб – Соболевская, Х – Халанкинская) и ВПС (Кв – Кавральянская, ЛУ – Лево-Убиенкинская, ЛН – Лево-Ныгчевеевская, Ср – Серовская); 16 – лицензионные площади, перспективные на медно-порфировые руды: У – Убиенкинская, Ол – Ольховская, С – Серовская; 17 – участки детальных геофизических съёмки (магнито- и электро-разведки, гамма-спектрометрии масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000)

квантиты. В магнитном поле плутоны отражаются слабо повышенными или пониженными значениями ΔT_a . Наиболее крупные Кавральянская и Лево-Убиенкинская ВПС имеют до 20–25 км в поперечнике, более мелкие – Центрально-Тополевская (в центре Тополевской ВТД) и Лево-Ныгчевеевская – до 12 км. Исключением является Серовская ВПС (~ 17 км в диаметре) с крупным провисом кровли одноимённого гранитоидного массива кавральянского комплекса, выполненного готеривскими вулканитами более древнего – позднеюрско-неокомового Удско-Мургалского ВПП. В поле силы тяжести эта структура отражается в виде крупной отрицательной аномалии.

На погоризонтных срезах гравитационного и магнитного полей в интервале глубин 2–5 км вышеназванные структурно-тектонические элементы территории фиксируются изменением характера и знака соответствующих составляющих ΔT_a и Δg_p с глубиной. Как ВТД, так и ВПС чётко проявляются в виде конформных отрицательных и положительных аномалий гравитационного и магнитного полей на срезах 2–3 км.

На структурно-тектоническую схему Кавральянской подзоны (см. рис. 3), составленную по результатам комплексного анализа геологических и геофизических материалов с применением линейamentного анализа физических полей и их сопоставлением с распространением СВК, различающихся по плотностным и магнитным характеристикам, вынесены основные элементы структурного облика территории работ, прямо или косвенно влиявшие на размещение Cu-порфировых и сопряжённых с ними (в объёме единых КМП РМС) Au-полисульфидных и Au-Ag проявлений. К таким элементам в первую очередь относятся ВТД и ВПС центрального типа, а также узлы пересечения тектонических нарушений разного порядка (ранга).

Среди прослеженных по геологическим и геофизическим данным дизъюнктивных нарушений к *первому порядку* отнесены мощные зоны Анадырского и Убиенкинского глубинных разломов, выраженные чередованием линейных положительных и отрицательных локальных аномалий гравитационного и магнитного полей. Ко второму – оперяющие их разломы, выделенные по наиболее крупным и протяжённым линейаментам названных полей преимущественно восток-северо-восточного направления, а также цепочкам положительных высокочастотных локальных аномалий магнитного поля, возможно, связанных с проявлением

пирротиновой минерализации вдоль разломов. К *третьему* – разломы северо-западного простирания, фиксирующиеся градиентами и цепочками высокочастотных локальных аномалий магнитного поля и в меньшей степени выраженные в поле силы тяжести; по протяжённости они значительно короче разломов высших порядков.

Узлы пересечения дуговых и радиальных разломов кольцевых структур с тектоническими нарушениями восток-северо-восточного направления, оперяющими Анадырский глубинный разлом, могли представлять собой магмавыводящие каналы, контролировавшие положение порфировых интрузивов и сопряжённых с ними меднопорфировых штокверков, а также жил и прожилковых зон Au-полисульфидной и Au-Ag минерализации в комагматичных вулканитах на флангах и в верхних частях РМС. Обрушение вулканических построек с возникновением кальдер наряду с надвиговыми (взбросо-сдвиговыми) деформациями (с разрядкой тектонических напряжений в период орогенеза и постсубдукционного рифтогенеза) и эрозией (приводило к превышению гидростатического давления над литостатическим) рассматриваются рядом исследователей [31 и др.] в качестве возможных триггеров вскрытия гипабиссальных магматических очагов, которое сопровождалось декомпрессией с внедрением магматических масс и выбросом флюидной фазы в верхние слои земной коры. В благоприятных геодинамических, структурно-петрофизических и геохимических обстановках, описанных в работах [8, 9, 27, 28, 32], такие явления могли привести к образованию меднопорфировых месторождений, в том числе крупных. В их отсутствии возникали в лучшем случае мелкие объекты, а чаще – минерализованные ореолы без промышленно значимых концентраций металлов.

Следует заметить, что интерпретация установленных на изученной территории аномальных геофизических полей, особенно силы тяжести, неоднозначна. Они отражают наличие кольцевых структур, однако выделить среди них ВТД и ВПС без привлечения данных геологического картирования и дешифрирования аэро- и космоснимков практически невозможно. Вместе с тем созданная по региональным геолого-геофизическим материалам структурно-тектоническая схема отражает основные элементы строения структурно-формационной зоны, отвечающей Кавральянской МПЗ. В комплексе со структурно-формационной и геохи-

мической основой металлогенического районирования, а также результатами геологических наблюдений и наземных геофизических съёмок, она была использована для уточнения контуров ПРП и выделения в их пределах ПРП.

Геохимическая основа прогнозного районирования. Территория Кавральянской МПЗ характеризуется низкогорным, сильно расчленённым рельефом со склонами средней и малой крутизны, плоскими и слабонаклонёнными водоразделами. Обнажённость – слабая. До 95 % площади закрыто делювиальными, элювиально-делювиальными, делювиально-осыпными, обвальными-осыпными, осыпными, делювиально-солифлюкционными отложениями со сплошным либо островным травянистым, травянисто-кустарниковым и кустарниковым растительным покровом. Лишь на юге Серовской перспективной площади имеются каньонобразные долины рек и ручьёв с протяжёнными (до сотен метров) коренными обнажениями пород в бортах. Вместе с тем дальнепринесённые (делювиальные, ледниковые, аллювиальные и др.) отложения распространены ограничено, а субарктический климат препятствует химическому преобразованию опробуемого материала. Поэтому традиционная методика поисков по ВОР достаточно эффективна.

Для создания геохимической основы прогнозного районирования Кавральянской подзоны на медно-порфировое и сопряжённое благороднометалльное оруденение ОАО «Георегион» (г. Анадырь) в 2009–2011 гг. в рамках поисковых работ за счёт средств госбюджета была проведена опережающая литохимическая съёмка масштабов 1 : 50 000 (сеть 500 × 50 м) и 1 : 25 000 (сеть 250 × 50 м) на Убиенкинской, Ольховской и Серовской лицензионных площадях, а на участке Ольховского рудопроявления масштаба 1 : 10 000 (сеть 100 × 50 м). Всего было отобрано и проанализировано в лабораториях Бронницкой ГГЭ более 31 000 проб. Содержания Cu, Pb, Zn, Ag, Cr, Ni, Co, Mo, Sn, Mn, W, Bi, As, Li, Be, Ba, Ti, V и Sr определены полуколичественным спектральным анализом (ПКСА), Au – спектрозолотометрическим. По результатам создана электронная база данных, с применением корреляционного и факторного анализов проведена их статистическая обработка.

В соответствии с Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений [7] определены местные фоновые и минимальные аномальные содержания элементов. Построены карты

моноэлементных (Cu, Mo, Pb, Zn, Ag и др.) и аддитивных (Cu + Mo, Pb + Zn + Ag) аномалий во вторичных ореолах рассеяния. Анализ этих карт показал, что наиболее ярко выражены литохимические аномалии главных компонентов медно-порфировых (Cu, Mo) и сопряжённых полисульфидных (Pb, Zn, Ag) руд. Их площади составили от первых км² до 75 км². Для иллюстрации на рис. 4–6 приведены карты с комплексными (аддитивными) аномальными геохимическими полями (АГХП). В сочетании со структурно-формационными, геофизическими, метасоматическими, рудно-минералогическими признаками они были использованы при выделении и оконтуривании ПРП.

Сопоставление геохимических карт с геологической показало следующее. В юго-восточной части Убиенкинской площади в гидротермально изменённых вулканитах энмываамской свиты риолит-базальт-андезитобазальтовой формации Оклано-Пенжинского ВПП выявлена обширная контрастная аномалия содержания Cu (150–1000 ppm и выше) во ВОР. Она охватывает вскрытые эрозией выступы-апофизы находящегося на глубине Ракетного интрузивного массива, сложенного дифференциатами комагматичной габбро-диорит-тоналит-плагиигранитной формации. С небольшими по размерам штоками диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов второй фазы этого массива сопряжена медно-порфировая минерализация Ракетного рудопроявления.

В северо-западной части площади сопоставимая по интенсивности, но с меньшей площадью аномалия Cu установлена в андезитах эмунеретской свиты андезит-дацит-риолитовой формации в северном экзоконтакте Кавральянского плутона одноимённого комплекса монцонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации Охотско-Чукотского пояса. Здесь известны рудопроявление Горное – кварцевые жилы и брекчии с Au-полисульфидной минерализацией и многочисленные пункты Cu, Au и Ag оруденения.

Севернее – в изменённых вулканитах той же свиты, выполняющих Косогорненскую ВТД, выявлена аномалия Cu меньших размеров и интенсивности. Оруденение представлено одноимённым Au-полисульфидным проявлением и пунктами прожилково-вкрапленной и жильной Cu и Au-Ag минерализации.

На названных участках недр, оконтуренных в качестве ПРП – Ракетного и Горного, отмечаются контрастные (интенсивностью 5–25 ppm и выше)

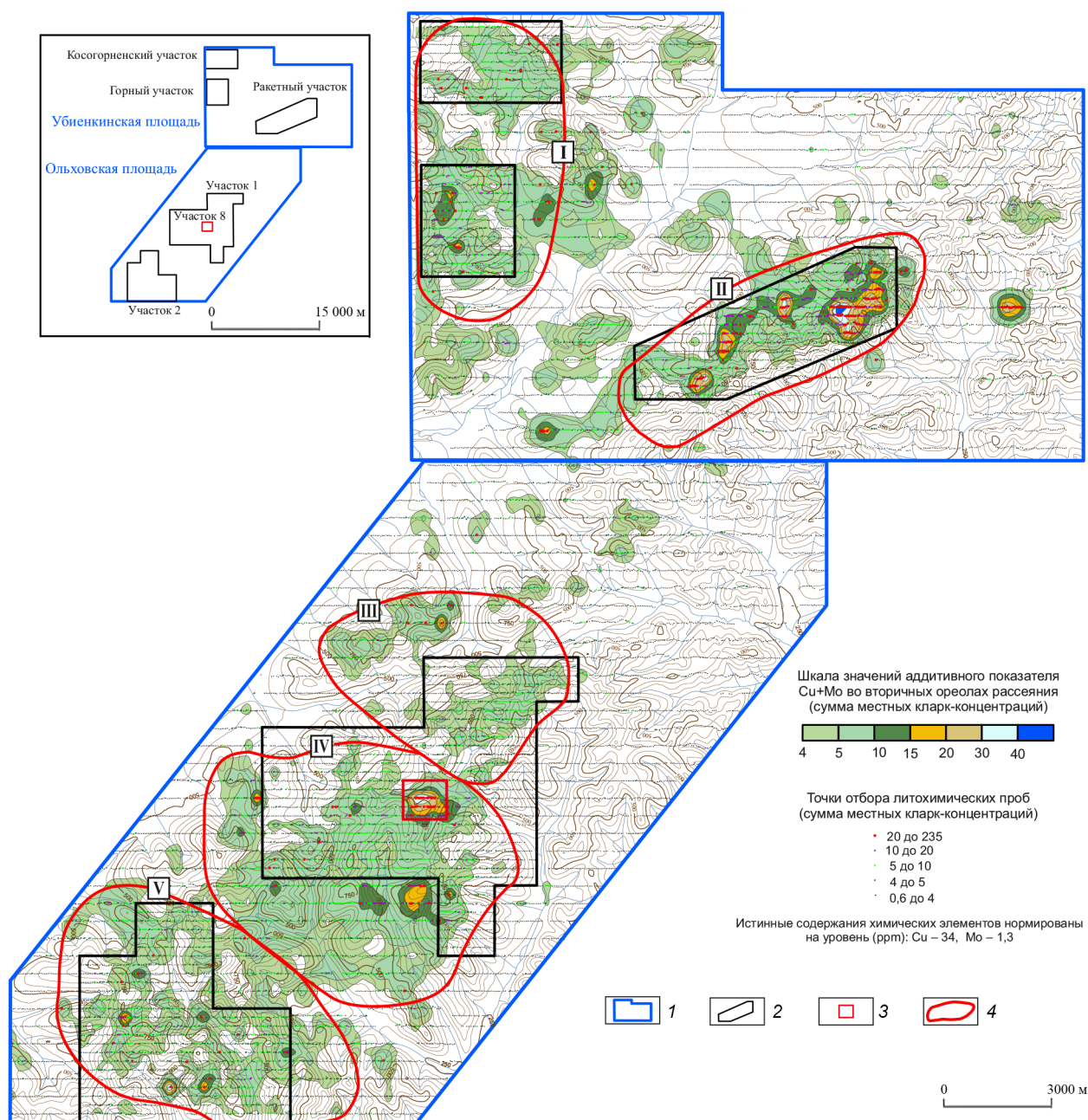


Рис. 4. Аддитивные аномалии содержаний Cu и Mo во вторичных ореолах рассеяния на Убиенкинской и Ольховской перспективных площадях. По [2], с изменениями:

1 – границы лицензионных площадей; 2–3 – участки проведения литохимической съёмки масштаба: 2 – 1 : 25 000, 3 – 1 : 10 000, остальные части площадей покрыты литохимической съёмкой масштаба 1 : 50 000; 4 – контуры выделенных ПРП: Горного (I), Ракетного (II), Рокового (III), Ольховского (IV), Правуюбиенкинского (V), Веткинського (VI), Пожарского (VII)

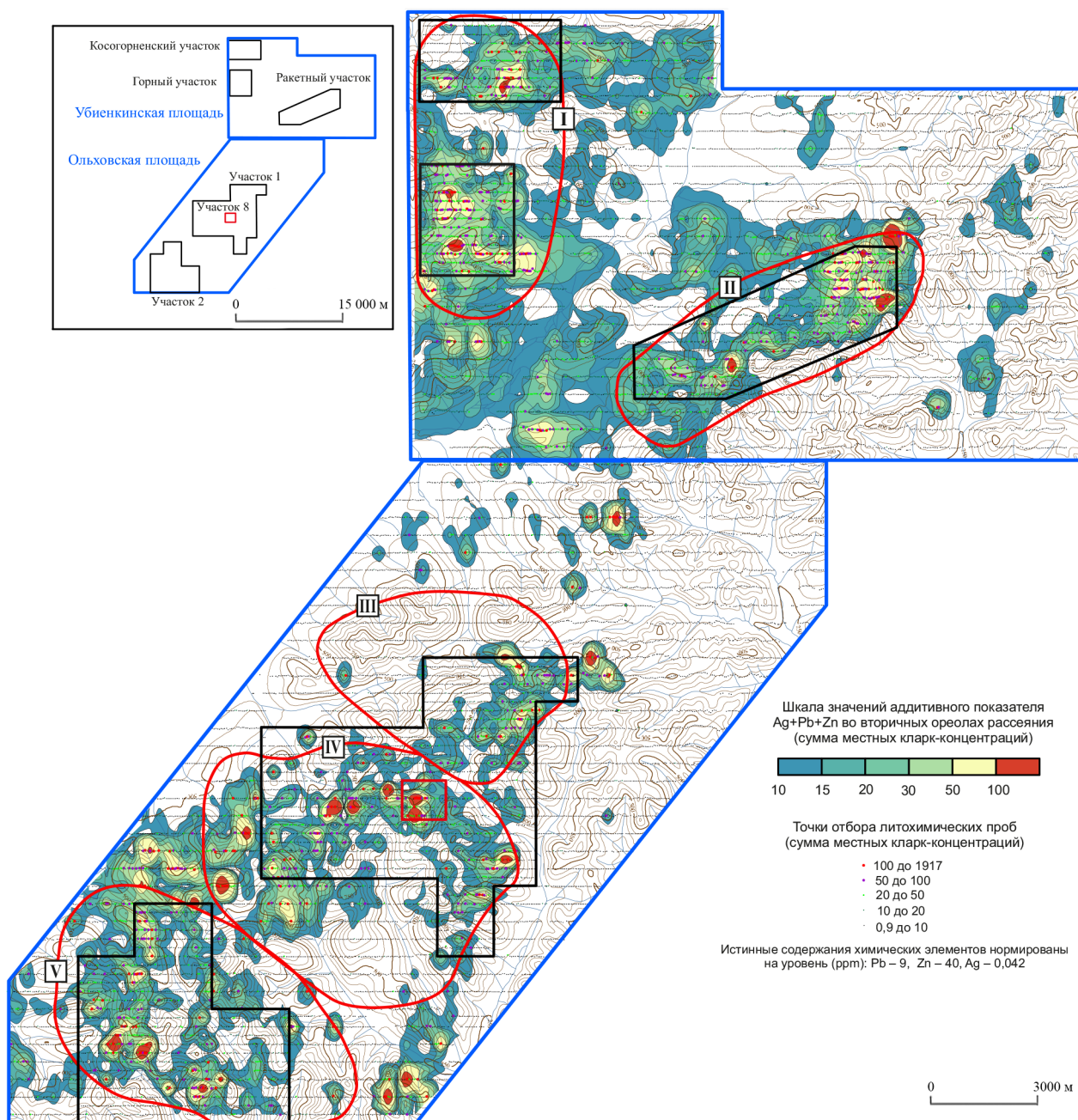


Рис. 5. Аддитивные аномалии содержаний Pb, Zn и Ag во вторичных ореолах рассеяния на Убиенкинской и Ольховской перспективных площадях. По [2], с изменениями:

см. услов. обозн. к рис. 4

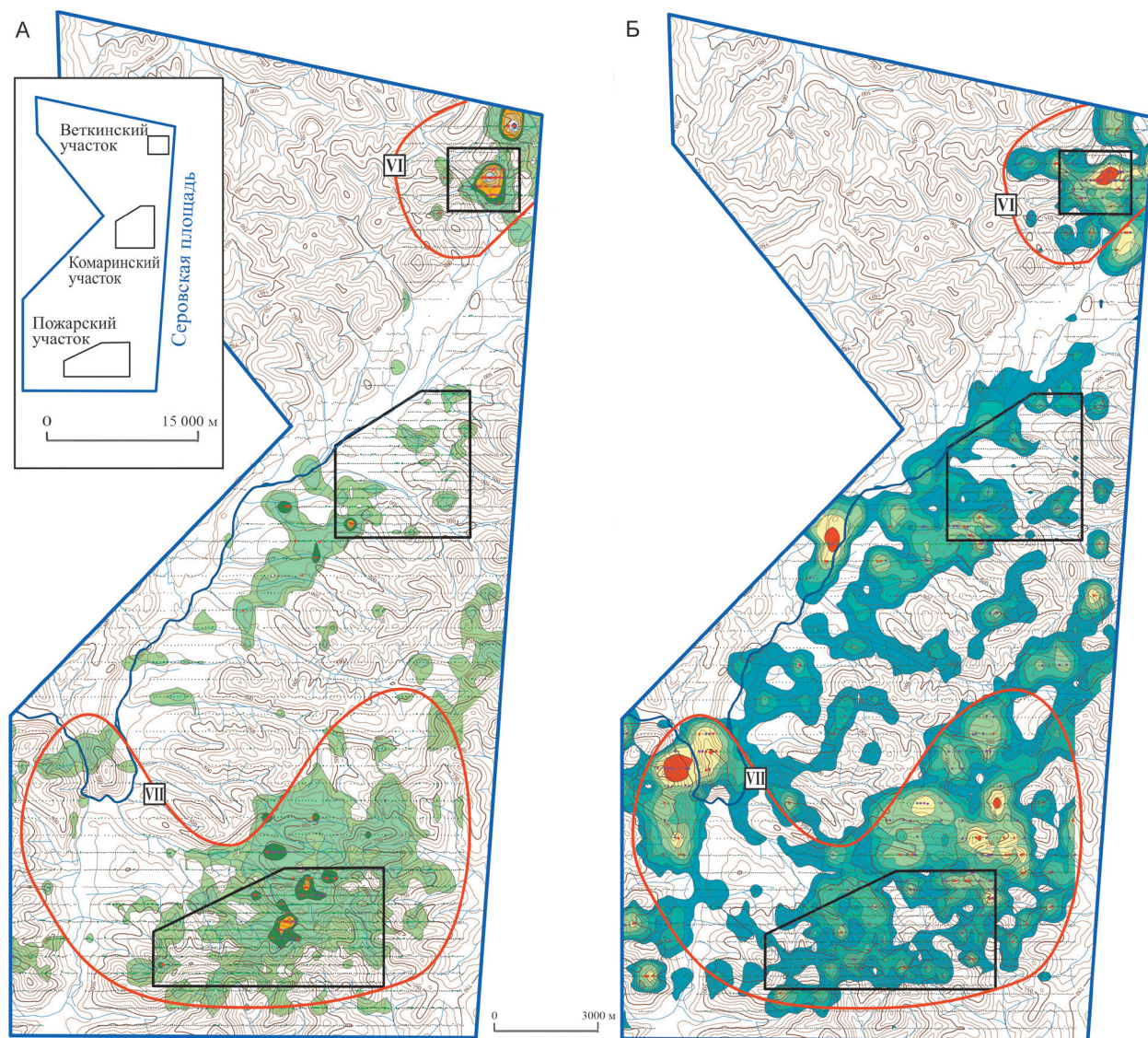


Рис. 6. Аддитивные аномалии содержаний Cu, Mo (А) и Pb, Zn, Ag (Б) во вторичных ореолах рассеяния на Серовской перспективной площади. По [2], с изменениями: см. услов. обозн. к рисункам 4 и 5

аномалии Mo, в значительной степени совмещённые с медными. Аномалии Cu и Mo обрамлены по периферии интенсивными комплексными аномалиями Pb, Zn и Ag. Особенно ярко это проявлено на Ракетном поле (см. рисунки 4 и 5), геохимическая зональность которого соответствует классической зональности МПС.

На Ольховской площади сопоставимая по интенсивности и размерам аномалия Cu во ВОР установлена в вулканогенных породах андезитовой

(убиенкинская свита) и андезит-дацит-андезидацитов (кавральянская свита) формаций – в экзоконтактовых зонах Левокавральянского и Ольховского гранитоидных массивов кавральянского комплекса упомянутого ВПП. Они сопровождаются повышенными содержаниями Mo, а на периферии – Pb, Zn и Ag. Здесь оконтурено Ольховское ПРП, в пределах которого находятся одноимённое Mo-Cu-порфировое проявление и многочисленные пункты Au-полисульфидной и Au-Ag

минерализации. Подобная картина наблюдается и в южной части площади – Правоубиенкинском ПРП, однако интенсивность ВОР Cu существенно ниже. В северном сегменте Ольховской площади, где выделено Роковое (Резное) ПРП, небольшие слабые аномалии Cu вообще не сопровождаются повышенными концентрациями Mo, Pb, Zn, Ag.

На Серовской площади также установлены ВОР Cu, Mo, Pb, Zn, Ag (см. рис. 6). В её южной части обширная, но низкая по интенсивности (85–250 ppm) аномалия Cu охватывает экзоконтактовую область одноимённого полиформационного гранитоидного массива, а аномалия Mo, меньшая по размерам, но контрастная (5–25 ppm), в основном его эндоконтактовую зону. С ними практически совмещена высококонтрастная (10–100 ppm и выше) комплексная аномалия полиметаллов. Здесь выявлены многочисленные проявления Au-полисульфидных руд, наиболее крупное из которых Серовское, а также пункты Cu, Mo, Au, Au-Ag минерализации, что в комплексе с другими прогнозно-поисковыми признаками позволило оконтурить Пожарское ПРП.

Подобные по размерам и интенсивности аномалии Pb, Zn, Ag установлены западнее и в центральном сегменте Серовской площади, который представляет собой провис кровли подковообразного в плане Серовского интрузивного массива, сложенного преимущественно готеривскими вулканитами андезит-базальт-андезитовой формации Удско-Мургальского ВПП (см. рис. 2). Значимые аномалии Cu и Mo на этих участках, однако, не были обнаружены.

На северо-восточном фланге, где были известны медно-порфировое проявление Ветка и несколько пунктов медной и золотой минерализации, выявлена небольшая, но контрастная высокоинтенсивная комплексная геохимическая аномалия с центрической зональностью, характерной для медно-порфировых систем (МПС). В её центре небольшой шток диоритовых порфиритов предположительно палеоценового возраста (габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации Окрано-Пенжинского ВПП); на севере и востоке аномалия не оконтурена из-за проходящей здесь границы лицензионной площади. Не исключено, что эта аномалия является частью крупномасштабного ВОР, изучение которого было бы целесообразным. Здесь было оконтурено Веткинское ПРП, хотя обоснованность его выделения требует дополнительных исследований.

В итоге были оконтурены 8 АГХП: Косогоринское, Горное, Ракетное, Роковое (Резное), Ольховское, Правоубиенкинское, Веткинское и Пожарское, а с учётом других прогнозно-поисковых признаков – эквивалентные им ПРП. Сопоставление выявленных ВОР и их интерпретация на геологической основе показали, что Убиенкинская и Ольховская площади в целом выделяются более высокими значениями аномальных содержаний меди в сравнении с Серовской. Наиболее значительные по размерам и интенсивные вторичные АГХП установлены в юго-восточной части первой из них, где оконтурено *Ракетное ПРП*, и в центральном сегменте второй с *Ольховским ПРП*.

Корреляционным и факторным анализами данных литохимического опробования Убиенкинской, Ольховской и Серовской площадей Е. П. Сосниным [15] во ВОР выделены группы элементов со значимыми коэффициентами корреляции, определены отношения содержаний химических элементов, оценена их дисперсия, что дало возможность предположить природу АГХП, расшифровать их внутреннее строение.

В комплексе с геологическими данными результаты геохимических поисков по ВОР позволили сделать выводы о том, что Ольховское, Ракетное и Веткинское АГХП отражают внутренние части РМС, вмещающие медно-порфировые руды, а Роковое, Правоубиенкинское, Горное и Косогоринское – фланговые и верхние периферийные с мезо- и эпitherмальной Au-полисульфидной и Au-Ag минерализацией. Пожарское АГХП, наложенное на мощные ореолы ороговикования и пиритизации в экзоконтактах Серовского плутона, по своим характеристикам не соответствует типовой геохимической зональности медно-порфировых объектов и, скорее всего, имеет полиформационную природу. Первичными источниками для него могли быть Au-полисульфидные проявления (Серовское и др.), образовавшиеся при становлении гранитоидного массива кавральянского монцонитоидного комплекса и более поздние медно-порфировые, сопряжённые с мелкими штоками ракетного тоналитового комплекса.

В. Е. Васюковым с соавторами [5] на основе созданных *критериальных геохимических моделей* изученных площадей оценена перспективность ПРП. В МПС, эквивалентных этим полям, выделены рудоносные внутренние части, отвечающие потенциальным месторождениям, определена глубина их эрозионного среза. Отмечено, что повы-

шенные содержания многих элементов – Cu, Mo, Ag, Pb, Zn, Mn, W, Bi (в основном халькофильных) – отмечаются преимущественно в центральных частях систем, в то время как лито- и сидерофильных (Cr, Ni, Co, Sn, Li, Be, Ba, Sr) – по их периферии. Наиболее отчётливо такая зональность характерна для Ракетной и Ольховской МПС. Площадное распределение концентраций Sn, As, V, Ti и ряда других элементов более сложное.

Ракетная МПС, судя по имеющимся геологическим и геохимическим материалам, обладает неравноценным эрозионным срезом в центральной, западной и восточной частях. Наиболее вскрыт эрозией её восточный фланг, где выявлены крупные и интенсивные ВОР Cu и Mo, сопряжённые с выходами на дневную поверхность штоков диоритовых и кварцевых диоритовых порфириров ракетного комплекса. По латерали они сменяются ореолами Pb, Zn, Ag – во вмещающих коагматических вулканитах энмываамской свиты.

Ольховская МПС, занимающая внутреннюю часть одноимённой крупной КМП РМС, более эродирована в восточной части, где в экзоконтактной зоне северного фланга одноимённого интрузивного массива кавральянского комплекса выявлены две крупные высококонтрастные аномалии Cu и Mo, и менее – в западной, характеризующейся обширными ореолами Pb, Zn, Ag в коагматических вулканогенных породах кавральянской свиты.

Горное ПРП, представляющее периферийную северную часть то же КМП РМС с Au-полисульфидными и Au-Ag проявлениями, характеризуется надрудным эрозионным срезом в северной части и верхнерудным в южной. Веткинское и Пожарское ПРП на юге Серовского ПРП в целом также умеренно эродированы.

По размерам выявленных аномалий и значениям содержаний меди и попутных компонентов во ВОР «лидируют» Ракетное, Ольховское и Горное ПРП, которые с учётом других поисковых признаков были выбраны для постановки заверочных горно-бурильных работ [19].

Созданные региональные основы прогнозирования, учитывающие главные факторы рудоносности – магматический и структурный и их отражение в установленных закономерностях размещения проявления рудной минерализации, а также в геофизических и геохимических полях, – позволили выявить на изученной территории медно-порфирировые РМС с комплексной металлогенией – Ольховскую и Серовскую, которым эквивалентны

ПРП, а также более поздние и меньшие по размерам Ракетную и Веткинскую МПС. В их строении участвуют СВК трёх разновозрастных ВПП. Потенциально продуктивными в отношении Cu-порфирировых, Au-полисульфидных и Au-Ag руд в пределах Кавральянской МПЗ являются ВПА двух поясов – мелового Охотско-Чукотского и палеоценового Окклано-Пенжинского. Выявленные опережающей литохимической съёмкой АГХП в комплексе с данными геологического картирования масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 дали возможность оконтурить в первом приближении ПРП. Их границы были уточнены в ходе проведения геолого-поисковых маршрутов масштаба 1 : 25 000, 1 : 10 000–1 : 5 000, геохимических поисков по ВОР масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000, магнито- и электроразведки, гамма-спектрометрии масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000. По их результатам, с учётом элементов созданных прогнозно-поисковых моделей ПРП, соответствующих прямым и косвенным поисковым признакам прогнозируемых рудных объектов, были выделены участки детализации (ПУ) с ранжированием по перспективности и очередности постановки заверочных горно-бурильных работ.

Прогнозно-поисковые модели потенциальных рудных полей. Рудопроявления Кавральянской МПЗ парагенетически связаны с ВПА разновозрастных ВПП, то есть производными магматических серий, различающихся петрологией и металлогенией. Поэтому были разработаны три прогнозно-поисковые модели ПРП. *Первая* – для центральной (внутренней) части Ольховской КМП РМС, вмещающей медно-порфирировую минерализацию, *вторая* – для её периферии с Au-полисульфидными и Au-Ag проявлениями. Формирование этой системы связано со становлением рудоносной поздне-меловой монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации Охотско-Чукотского пояса, принадлежащей Na-K известково-щелочной серии. *Третья* модель построена для Ракетной МПС, возникшей при становлении продуктивной на медно-порфирировые руды палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации наложенного Окклано-Пенжинского пояса, которая может быть отнесена к известково-щелочной серии Na профиля.

В моделях учтены поисковые признаки, выявленные при изучении рудопроявлений: медно-порфирировых – Ольховского и Ракетного, жильных Au-полисульфидных – Горного и Косогорнинского;

использованы данные всех когда-либо проводившихся на этих объектах геолого-съёмочных и поисковых работ – предшествующих [4, 11, 21] и 2009–2012 гг. [2, 15, 19]. Созданные модели дополнены поисковой информацией по ПРП Серовского ПРР: Веткинскому с медно-порфировым проявлением Ветка и Пожарскому с Серовским Au-полисульфидным.

Подробные описания всех перечисленных рудопоявлений и рудных полей, в пределах которых они находятся, приведены в упомянутых отчётах и статьях, поэтому в представляемой статье даны материалы по наиболее перспективным Ольховскому, Горному и Ракетному ПРП с акцентом на различия в геологическом строении, рудно-метасоматической зональности и составе руд.

Ольховское ПРП (~ 50 км²) выделено в относительно поднятом Убиенкинском тектоническом блоке на северном фланге Ольховского многофазного плутона кавральянского комплекса поздне-меловой монцонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации, перекрытого лавовыми и вулканическими фациями комагматичной андезит-андезидацит-дацитово-гранитной формации. МПС, эквивалентная этому полю, занимает площадь Кавральянской кольцевой вулкано-плутонической структуры и сложена породами ВПА раннего этапа становления Охотско-Чукотского ВПП и, возможно, предшествующего Удско-Мургалянского. Эта система может рассматриваться как центральная часть более крупной КМП РМС, соответствующей Ольховскому ПРР, на флангах которой проявлена мезотермальная Au-полисульфидная и эпитептермальная Au-Ag минерализация (Горное и Правоубиенкинское ПРП).

В 1976–1980 гг. на площади рудного поля А. С. Бочкаревым и др. [4] в рамках выполнения ГДП-50 было пройдено несколько канав. В результате была вскрыта зона медно-порфировой минерализации с невысокими содержаниями Cu и попутных компонентов. По состоянию на 01.01.2009 г. утверждённые прогнозные ресурсы категории Р₃ Ольховской перспективной площади составляли 3 млн т Cu с содержанием 0,5 %. В период поисковых работ 2009–2012 гг. в её пределах пройдены 11 канав (всего 2592 пог. м) и 6 вертикальных колонковых скважин глубиной по 300 м (1801 м).

По петрологии и химическому составу породы, участвующие в строении Ольховской МПС, разделены А. В. Андреевым с соавторами [1, 2] на две группы: *раннюю натровую и позднюю суще-*

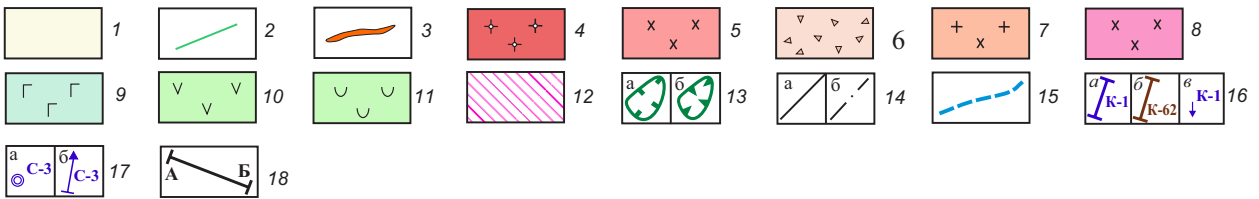
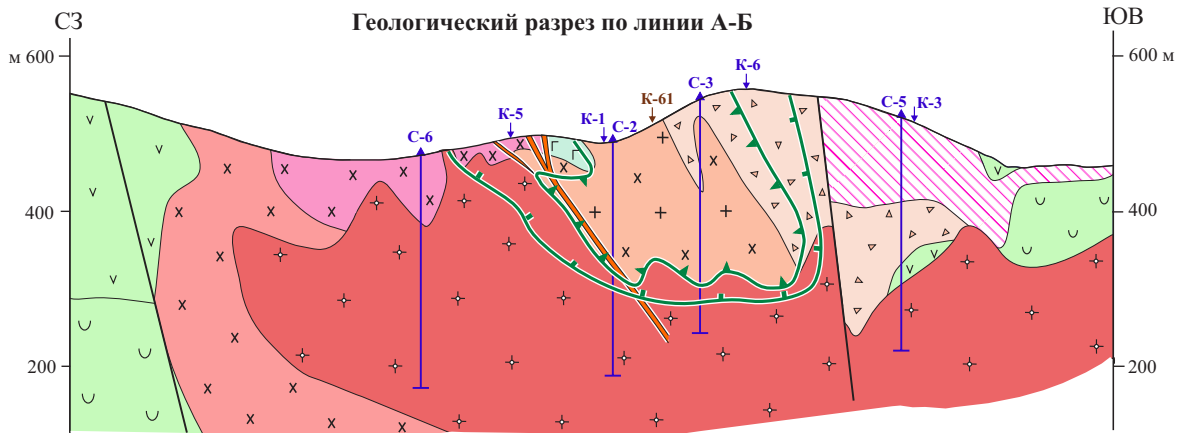
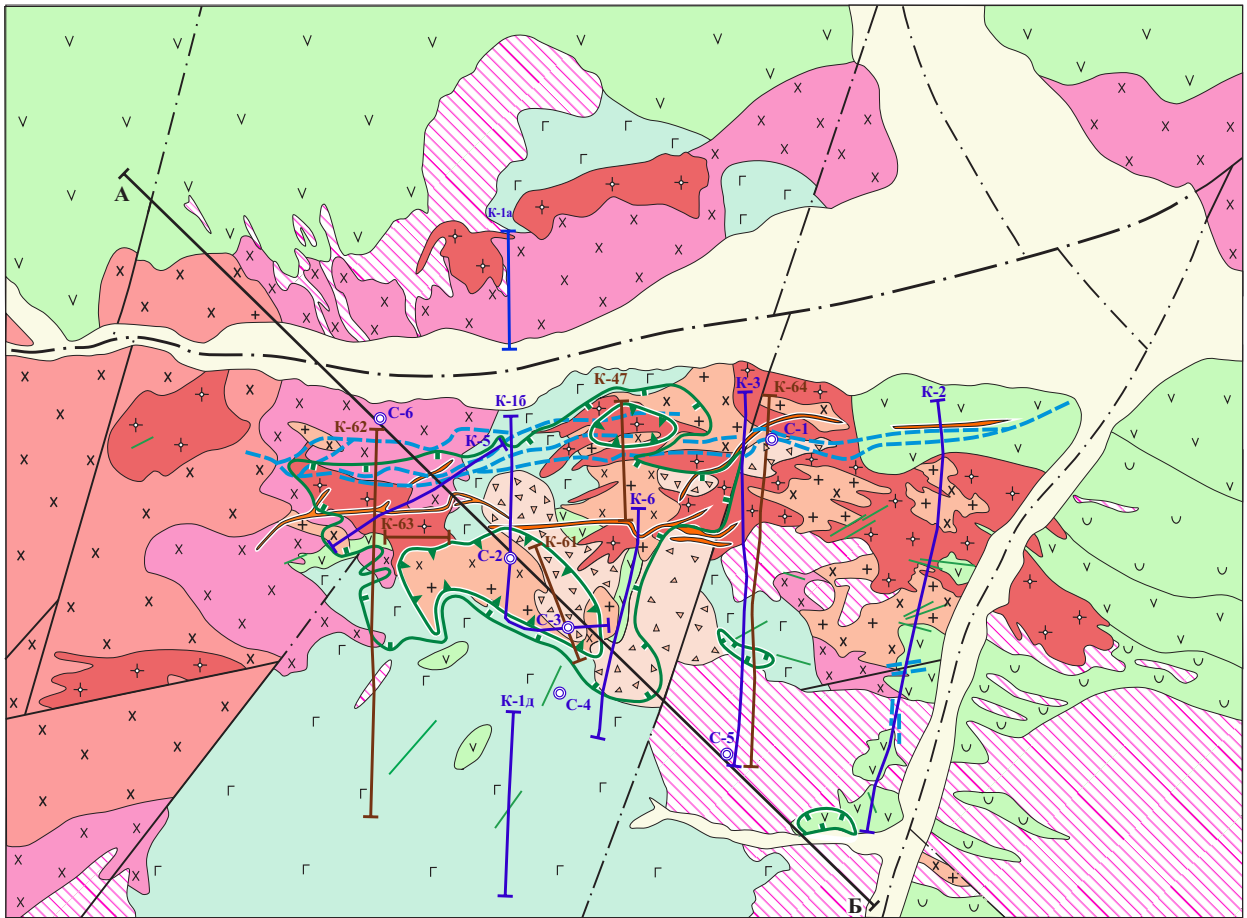
ственно калиевую. К первой отнесены габбро, габбродиориты, диориты, порфировидные кварцевые диориты, кварцевые диорит-порфириты. Ко второй – монцогаббро, монцодиориты, кварцевые монцодиориты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры, кварцевые монцонит-порфиры. Рудоносной является порфировая фаза второй группы.

Рудоносный интрузив кварцевых монцонит-порфиров – гранодиорит-порфиров слабо эродирован, в разрезе имеет грибообразную форму, в апикальной части осложнён жёлобообразными провисами кровли, в которых интенсивно изменённых порфировидных кварцевых диоритах (ранней группы) – сосредоточен основной объём медно-порфировых руд с содержанием Cu $\geq 0,3$ %. Эта зона оруденелых пород во внутренней (ядерной) части МПС – участке Ольховка – прослежена шестью канавами на поверхности и четырьмя скважинами до глубины 200–240 м. Её мощность по трём скважинам составила от 140 до 200 м. По трём другим скважинам установлены лишь маломощные рудные интервалы с содержаниями Cu, близкими к оценочным параметрам (рис. 7).

В плане минерализованная зона, оконтуренная по бортовому содержанию Cu – 0,1 %, имеет изометричную форму и размеры 300–450 × 600 м. Кроме кварцевых диоритов она охватывает габбро и диориты более ранних фанеритовых фаз, брекчиевые тела пёстрого состава – с обломками пород ранней группы (габбро-диоритов, диоритов и комагматичных вулканитов) и биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом, а также ксенолит-вмещающих андезитов. Судя по наблюдавшимся в канавах и скважинах взаимоотношениям, брекчии завершают раннюю группу кавральянского интрузивного комплекса и предшествуют дифференциатам поздней. В эндоконтактной зоне самого порфирового штока отмечены умеренные по интенсивности серицит-кварцевые изменения и убогие руды со средним содержанием меди 0,15 %.

На флангах интрузивного массива закартированы довольно обширные поля безрудных вторичных кварцитов, развитых по андезитам и их туфам кавральянской свиты, туфогенно-осадочным отложениям убиенкинской свиты и интрузивным породам ранней группы.

Рудная минерализация представлена кварцевыми и кварц-кальцитовыми прожилками с магнетитом, пиритом, халькопиритом, реже арсенопиритом, гематитом, пирротинном, халькозином,



блёклыми рудами, галенитом, молибденитом, самородным золотом, а также вкрапленностью и гнездами сульфидов в хлоритизированных темноцветных минералах кварцевых диоритов. В зоне окисления присутствуют марказит, гидроксиды Fe, ковеллин, малахит, азурит. Содержания металлов невысокие: Cu – 0,1–0,7 %, редко до 1,0 % и выше, Au – от 0,1 до 0,49 г/т, Ag – от 1,0 до 5,0 г/т; Mo присутствует в крайне низких концентрациях. В рудах установлена корреляция содержаний Cu, Au и Ag.

Рудно-метасоматическая зональность Ольховской МПС детально изучена А. В. Андреевым и О. В. Авиловой [1, 2].

Вертикальная зональность системы выражена в смене зон (снизу вверх): *филлизитовая* ((карбонат-хлорит)-серицит-кварцевая) с убогими молибденит-халькопирит-пиритовыми рудами (Cu 0,1–0,2, редко 0,3–0,7 %) в эндоконтактной области рудоносного порфирового интрузива → *внутренняя пропилитовая* (кальцит-кварц-серицит-эпидот-альбит-хлоритовая) с (молибденит-магнетит)-пирит-халькопиритовыми (Cu 0,3–0,5 % и выше) в кварцевых диоритах его экзоконтактной зоны → *внешняя пропилитовая*, охватывающая брекчиевые тела и фанеритовые гранитоиды ранней группы кавральянского комплекса. В последней из зон выделены *биотитовая* (кварц-хлорит-альбит-серицит-биотитовая) подзона с халькопирит-магнетитовыми рудами (Cu 0,03–0,8 % и выше) и *актинолит-биотитовая* (серицит-хлорит-кварц-биотит-актинолит-альбитовая) с (халькопирит)-магнетитовыми (Cu 0,02–0,06 %, редко до 0,1–0,15 %).

Латеральная зональность (от центра к периферии системы) выглядит следующим образом: *центральная зона* слабых биотитовых изменений (сохранилась в виде реликтов) с наложенными метасоматитами более поздних пропилитовой и филлизитовой зон со сравнительно богатыми (магнетит)-(молибденит)-пирит-халькопиритовыми рудами (Cu 0,2–0,4 до 1,0 % и выше) → *внутренняя промежуточная зона* с совмещением биотитовых, кварц-серицитовых и поздних низкотемпературных пропилитовых (хлорит-эпидот-карбонат-пирит) изменений с магнетит-халькопиритовыми рудами (Cu 0,1–0,2 % с редкими интервалами 0,2–0,5 %) → *внешняя промежуточная зона* пропилитизации: ранней интенсивной (биотитовые, биотит-амфиболовые, амфиболовые разности) и слабой поздней низкотемпературной с рассеянной магнетитовой и (халькопирит)-пиритовой минерализацией (Cu не более 0,1–0,2 %) → *фланговая зона* поздних пропилитовых изменений с минерализацией того же состава (Cu менее 0,1 %).

В целом рудно-метасоматическая зональность Ольховской МПС соответствует «монзонитовой» модели, предложенной Дж. Лоуэллом и Дж. Джилбертом [30]. Отличием является отсутствие калишпатизации. Не исключено, что калишпатсодержащие метасоматиты, являющиеся продуктами раннего высокотемпературного К-кремниевое преобразования пород, были полностью уничтожены наложенным кислотным выщелачиванием, приведшим к образованию филлизитовой зоны. На возможность такого варианта указывает упоминаемая исследователями исключительная интенсивность

Рис. 7. Схематическая геологическая карта масштаба 1 : 10 000 (уменьшено) и разрез (А-Б) центральной части Ольховского ПРП (участок одноимённого рудопоявления). По [1], с изменениями:

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – дайки долеритов; 3–13 – ВПА раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП: 3–9 – дифференциаты монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации (кавральянский комплекс): 3–5 – поздней группы: 3 – дайки гранит-порфиров, 4 – гранодиорит-порфиры, кварцевые монзонит-порфиры (рудоносная фаза), 5 – гранодиориты, кварцевые монцодиориты и монцодиориты мелко-среднезернистые, порфировидные, 6–9 – ранней группы: 6 – брекчиевые тела пёстрого состава (с обломками габбро-диоритов, диоритов и андезитов) с биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом, 7 – кварцевые диоритовые порфириты, кварцевые диориты порфировидные, 8 – диориты мелко-среднезернистые «пятнистые», порфировидные, 9 – габбро, габбро-диориты мелко-среднезернистые, часто порфировидные, 10–11 – андезит-андезидацит-дацитовая формация (кавральянская свита): 10 – андезиты и их туфы, 11 – полимиктовые туфогравеллиты и туфоконгломераты; 12 – вторичные кварциты; 13 – контуры рудной зоны по бортовому содержанию Cu: 0,1 % (а) и 0,3 % (б); 14 – разломы: установленные (а), предполагаемые (б); 15 – зоны милонитизации; 16 – канавы поисковых работ: 2009–2012 гг. (а) и 1976–1980 гг. (б) на карте и на разрезе (в); 17 – скважины на карте (а) и разрезе (б); 18 – линия геологического разреза

серицитизации и окварцевания пород (вплоть до так называемых «вторичных кварцитов») в объёме этой зоны.

По результатам произведённых в 2009–2012 гг. поисковых работ, включавших проходку и скважин, локализованы и оценены прогнозные ресурсы категории P_2 Ольховского рудного поля. Они были апробированы ЦНИГРИ и составили: Cu – 500 тыс. т (при ср. сод. 0,5 %), Au – 15 т (0,15 г/т), Ag – 125 т (1,2 г/т).

Завершая краткое описание Ольховской МПС, необходимо отметить, что ряд вопросов по её геологическому строению и генезису остался нерешённым. В частности, судя по описанию петрографического и химического состава пород, сопровождаемого диаграммами ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) vs. SiO_2 ; K_2O vs. SiO_2 ; Na_2O vs. SiO_2 ; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ и др. [2], выделенная в габбро-диорит-гранодиорит-гранитной (с монцонитоидным уклоном) формации (кавраляньском комплексе) первая (ранняя) группа дифференциатов принадлежит К-Na-ой известково-щелочной серии, а вторая – Na-K-вой. Возрастные взаимоотношения пород этих групп ни в маршрутах (из-за отсутствия коренных обнажений), ни в канавах и керне скважин (полностью затушёваны наложенными метасоматическими изменениями) не наблюдались. Изотопные датировки (U-Pb методом по цирконам) диоритов ранней группы и гранодиорит-порфиоров поздней показали позднемеловой возраст (по 79 млн лет) [20], однако были выполнены по образцам, отобранным из канавы и скважины в поле интенсивно изменённых пород непосредственно на участке Ольховского рудопроявления, что затрудняло диагностику их первичного состава.

С точки зрения авторов настоящей статьи, объединение пород упомянутых групп в единую формацию недостаточно обосновано. Не исключено, что породы ранней группы, преимущественно диоритового состава, принадлежат мургальскому комплексу неокомовой габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации Удско-Мургальского ВПП, СВК которого вскрыты эрозией к востоку и юго-западу от рассматриваемой площади. В таком случае порфиroidные кварцевые диориты названного комплекса, вмещающие основной объём медно-порфириновых руд, являются крупным ксенолитом в кровле штока гранодиорит-порфиоров – кварцевых монцонит-порфиоров кавраляньского комплекса позднемеловой (сеноман) монцонитоидной формации Охотско-Чукотского пояса.

Предположение – дискуссионное, для решения вопроса необходимы дополнительные исследования.

Поисковые критерии и признаки Ольховского медно-порфиривого ПРП, выделенного во внутренней части одноимённой КМП РМС приведены в таблице 1. Промышленные медно-порфириновые месторождения в Охотско-Чукотском ВПП пока не обнаружены, поэтому в качестве объекта-аналога с определённой степенью условности может быть взято Песчанкинское рудное поле с Au-Mo-Cu-порфириновым месторождением Песчанка Баимского РР юрско-раннемелового Курьинского ВПП. Рудовмещающие породы монцонитового ряда на этом объекте принадлежат существенно калиевым известково-щелочной и шошонитовой сериям, то есть близки по составу к изученным на Ольховской площади. Геологическое строение этого самого крупного медно-порфиривого объекта в России описано в статьях [18, 25], его прогнозно-поисковая модель – в материалах отчёта [19] по результатам поисковых работ 2009–2012 гг. в Кавраляньской МПЗ.

Как было отмечено выше, Ольховская МПС представляет собой центральную часть крупной РМС с комплексной металлогенией, которой эквивалентен одноимённый ПРП. На южном фланге РМС выделено *Правобуенкинское* ПРП (~ 42 км²) с многочисленными пунктами Au-полисульфидной и Au-Ag жильно-прожилковой минерализации в окварцованных и серицитизированных туфах андезитов и туфопесчаниках эмунеретской свиты андезит-дацит-риолитовой формации, комагматичной потенциально рудоносной монцонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной. Здесь выявлены обширные интенсивные аномалии Pb, Zn, Ag во ВОР. Однако достойные поискового изучения рудопроявления пока не обнаружены.

На северном фланге системы, в прибортовой части Нижне-Еропольского вулканопрогиба, примыкающего к Убиенкинскому магматогенному поднятию, по комплексу установленных поисковых признаков выделено *Горное ПРП* (~ 27 км²) с рудопроявлениями Горное и Косогорненское (Косое) золото-полисульфидного типа золото-серебряной формации и многочисленными пунктами Cu и Au-Ag минерализации. Рудопроявления локализованы в надынтрязивной зоне Левокавраляньского гранитоидного массива упомянутой монцонитоидной формации – в опущенном тектоническом блоке, с севера ограниченном Чинейвеевским, а с юго-востока – Анадырским разломами. Северную часть площади, где находится Косогорненское рудопроявление

Табл. 1. Прогнозно-поисковая модель Ольховского медно-порфирового ПРП одноимённого ПРР. Составлена с использованием [2]

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
<p>1. Формационные: 1.1. Потенциально рудоносные плутогенные формации продуктивных ВПА</p>	<p><i>Габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцонитоидным уклоном (K_2)</i> (кавральянский комплекс) раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП с двумя разновозрастными группами: <i>ранней:</i> габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты (массивы); диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры (штоки, дайки); брекчии пёстрого состава (с обломками габбро-диоритов, диоритов и комагматичных вулканитов) и биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом; <i>поздней:</i> монцодиориты, кварцевые монцодиориты, кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы (массивы); кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы (штоки, дайки); гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы (дайки). Породы ранней группы, возможно, принадлежат габбро-диорит-гранодиорит-плаггиогранитной формации (K_1) К-Na известково-щелочной серии Удско-Мургальского ВПП</p>
<p>1.2. Рудовмещающие вулканогенные формации продуктивных ВПА</p>	<p><i>Андезит-дацит-андезидацитовая (K_2)</i> – кавральянская свита</p>
<p>1.3. Перекрывающие формации</p>	<p>Отсутствуют (кроме четвертичных рыхлых)</p>
<p>1.4. Подстилающие формации</p>	<p><i>Андезитовая (K_2)</i> – убиенкинская свита</p>
<p>2. Структурные</p>	<p>Разрывные нарушения северо-восточного и субширотного простирания, опоясывающие Анадырский глубинный разлом и контролирующее внедрение рудоносных кварцевых монцонит-порфиров, гранодиорит-порфиров. Эндо-экзоконтактовые зоны порфировых штоков – выступов-апофиз крупного полифазного интрузива кавральянского комплекса на глубине; жёлобообразные впадины в его кровле</p>
<p>3. Формационно-фациальные: 3.1. Рудоносные порфировые фазы продуктивных интрузивных комплексов</p>	<p>Кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы</p>
<p>3.2. Главные фазы продуктивных интрузивных комплексов</p>	<p>Монцодиориты, кварцевые монцодиориты, кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы</p>
<p>3.3. Дайковый комплекс, завершающий становление полиформационных плутонов (пострудные фазы)</p>	<p>Гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы</p>

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
<p>4. Метасоматические</p>	<p><i>Вертикальная рудно-метасоматическая зональность</i>, отражающая смену (снизу вверх) характерных для МПС зон метасоматитов и типов рудной минерализации: филлизитовая ((карбонат-хлорит)-серицит-кварцевая) с молибденит-халькопирит-пиритовой (в порфириновом штоке) → внутренняя пропилитовая (кальцит-серицит-эпидот-альбит-хлорит-кварцевая) с основной рудообразующей (молибденит-магнетит)-пирит-халькопиритовой (в кварцевых диоритах экзоконтактной зоны штока) → внешняя пропилитовая (актинолит-биотитовая) с (халькопирит)-магнетитовой.</p> <p>В целом установленная зональность соответствует «монзонитовой» модели МПС, формирование которых связано с магматизмом существенно калиевого профиля. Отличие – отсутствие калишпатизации, что может быть связано с практически полным «уничтожением» зоны калишпатсодержащих метасоматитов наложенным кислотным выщелачиванием, приведшим к образованию филлизитовой зоны. На возможность такого варианта указывает исключительная интенсивность серицитизации и окварцевания (вплоть до так называемых «вторичных кварцитов») в её объёме</p>
<p>5. Геохимические</p>	<p>Комплексные высококонтрастные вторичные ореолы рассеяния Cu, Mo, Pb, Zn, Ag и др. элементов, соответствующие типовой геохимической зональности МПС.</p> <p>Размеры ореолов, оконтуренных по минимально аномальным значениям содержаний цветных металлов, первые км в поперечнике. Вторичные аномалии Cu интенсивностью до 0,1 % и выше с площадями в первые десятые км².</p> <p><i>Индикаторы близнадрудного и рудного эрозионного среза:</i> комплексные аномалии Cu, Mo и Ag, обрамляющиеся по периферии аномалиями Pb и Zn; высокие отношения Cu/Mo и Cu*Mo*Ag/Pb*Zn (более 0,5) в полях повышенных содержаний Cu (более 90 ppm).</p> <p><i>Индикаторы надрудного эрозионного среза:</i> комплексные аномалии Cu и Ag, совмещение аномальных концентраций Cu и Co, низкие отношения Cu*Mo*Ag/Pb*Zn (менее 0,05) в полях повышенных содержаний Cu (более 90 ppm).</p> <p><i>Индикаторы подрудного эрозионного среза:</i> совмещение аномальных концентраций Mo и Ag</p>
<p>6. Минералогические</p>	<p>Проявления и пункты первичной и окисленной штокверковой и жильной (молибденово)-медной и золото-полисульфидной минерализации: кварцевые, кварц-карбонатные, кварц-турмалиновые, кварц-магнетитовые жилы и прожилки с сульфидами и сопровождающей вкрапленностью рудных минералов в межжильном пространстве; брекчии пёстрого состава – с обломками пород первой группы (габбро-диоритов, диоритов и комагматичных вулканитов) и биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом с убогими магнетит-(халькопирит)-пиритовыми рудами.</p> <p>Зоны вкрапленной и гнездовой пиритизации (пиритовые ореолы).</p> <p>Ольховское медно-порфириновое проявление, сопряжённые со штоком кварцевых монзонит-порфиринов – гранодиорит-порфиринов кавральянского комплекса (K₂).</p> <p>Потоки рассеяния Cu с сопутствующими Au, Ag</p>
<p>7. Геофизические</p>	<p><i>Результаты профильной глубинной электроразведки</i> методом 2D электротомографии УЭС и ВП:</p> <p>порфириновый интрузив фиксируется полями со значениями $\rho = 2,6-3,0$ логарифма УЭС и η более 2 %;</p> <p>потенциальная минерализованная зона – полями со значениями $\eta = 3,0-3,4$ логарифма УЭС и η более 2,25 %</p>
<p>8. Морфологические (форма и параметры рудных зон)</p>	<p>Минерализованная зона, оконтуренная по бортовому содержанию Cu – 0,1 %, имеет изометричную форму в плане и размеры 300–450 × 600 м. В разрезе представляет собой перевернутую ассиметричную чашу со стенками с разными углами падения – от средних до близвертикальных. Её морфология определяется формой провиса кровли рудоносного интрузива, расщепляющегося по восстанию на ряд апофиз сложной, изометричной в плане, формы</p>

явление, занимает небольшая ВТД, ограниченная кольцевыми разломами и фиксирующаяся в гравитационном поле отрицательной аномалией. На северном фланге и в центре рудного поля закартированы мелкие штоки диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации На профиля (ракетный комплекс) Оклано-Пенжинского ВПП (рисунки 8, 9).

Рудопроявления Горное и Косогорненское изучались при поисковых работах 1960-х гг. (Китаев и др., 1966 г. [11]) и ГС-50 1970-х гг. (Бочкарев, Шабалин и др., 1980 г. [4]), включавших проходку буровзрывных канав, а также при поисковых работах 2010–2012 гг. ФГУП ЦНИГРИ и ОАО «Георегион, в ходе которых на участке Горном были пробурены 4 скважины глубиной от 50 до 233 м (всего 457 пог. м).

Поисками по ВОР масштаба 1 : 50 000 и 10 000 в северо-западной части Убиенкинской лицензионной площади выявлены обширные интенсивные аномалии Pb, Zn, Ag, а в их центральных частях – небольшие аномалии Cu малой интенсивности. Анализ параметров этих аномалий позволил предположить надрудный эрозионный срез РМС в северной части Горного ПРП и верхнерудный в южной.

По данным геологического картирования участка *Горного рудопроявления*, документации пройденных на нём канав и колонковых скважин, было установлено, что Au-полисульфидное оруденение приурочено к гидротермально изменённым андезитам андезит-дацит-риолитовой формации (эмунеретская свита). В плане минерализованная зона имеет северо-восточное простирание (аз. 35°), размеры – 1000 × 230 м, падение – на северо-запад под углом 65–70°. Околорудные метасоматиты представлены пропилитами, березитоидами, апоэффузивными кварцитами.

Главные морфологические типы руд: кварцевые брекчии и жилы с вкрапленностью галенита, сфалерита, пирита, халькопирита, блёклых руд, реже – аргентита, фрейбергита, самородного золота; кварцевые и кварц-полисульфидные прожилки с теми же рудными минералами во вмещающих интенсивно окварцованных, серицитизированных, хлоритизированных и карбонатизированных вулканитах. В зоне окисления – медная зелень, азурит, гидроксиды железа.

По результатам ПКСА бороздовых проб (Китаев, 1965, 1967 гг.), содержания металлов в жилах и брекчиях: Au – от 0,1 до 3–5 (максимум –

33,4) г/т, Ag – от 10–15 до 30–40 (максимум – 300) г/т, Cu – 0,1–1,0 (до 7–10) %, Pb – 0,1–2,8 %, Zn – 0,3–1,0 (3,0) %. В штуфных пробах содержания Au – до 10–12 г/т, Ag – до 1000 г/т. По данным атомно-эмиссионного спектрального, ICP-OES и пробирного анализов, проведённых при поисковых работах 2009–2012 гг., в штуфных пробах содержания Au – от 0,05 до нескольких г/т, а в одной из проб 83 г/т, Ag – до 25 г/т, Cu – до 0,6 %; в скважинах: Au – до первых г/т, Ag – до 20,5 г/т, Cu – до 0,8 %.

Рудопроявление Косогорнинское. Представляет собой серию зон штокверкового окварцевания (мощностью до 35 м, протяжённостью до 300 м), кварцевых и кварц-турмалиновых брекчий (мощность до 60 м, протяжённость до 250 м) и кварцевых жил (мощность от 0,1 до 2,0 м, протяжённость от первых м до 150 м), локализованных в гидротермально изменённых (березиты) андезитах эмунеретской свиты. Рудные зоны имеют преимущественно северо-восточное и субширотное простирание. Главные минералы руд – халькопирит, галенит, сфалерит, блёклые руды, пирит, второстепенные – буланжерит, молибденит. Вторичные минералы – борнит, халькозин, ковеллин, малахит, азурит, гётит. Бороздовым и штуфным опробованием установлены содержания металлов в рудах: Au – 0,1–53,2 г/т, Ag – 1,7–741,3 г/т, Cu – 0,1–26,3 %, Pb – 0,1–1 %, Zn – 0,2–1,0 %, Mo – до 0,01 %.

Поисковые критерии и признаки ПРП золото-полисульфидного типа – Горного, Право-Убиенкинского и Пожарского, выделенных на флангах Ольховской и Серовской КМП РМС, – приведены в таблице 2.

Ракетное ПРП (~ 25 км²) выделено по данным геолого-поисковых маршрутов и опережающей литохимической съёмки на северо-восточном фланге Убиенкинского магматогенного поднятия в зоне влияния Анадырского глубинного разлома и опережающих его разломов более высоких порядков северо-восточного простирания. В строении Ракетной МПС принимают участие ВПА Охотско-Чукотского окраинно-континентального и Оклано-Пенжинского рифтогенного островодужного ВПП.

Вулканогенные породы палеоценовой контрастной базальт-андезит-дацитовой формации (энмываамской свиты) последнего из названных поясов, залегающие моноклинально с пологим (5–25°) северо-западным падением, с несогласием перекрывают вулканиты позднемиоценовой андезит-андезидацит-дацитовой формации (кавралянской свиты)

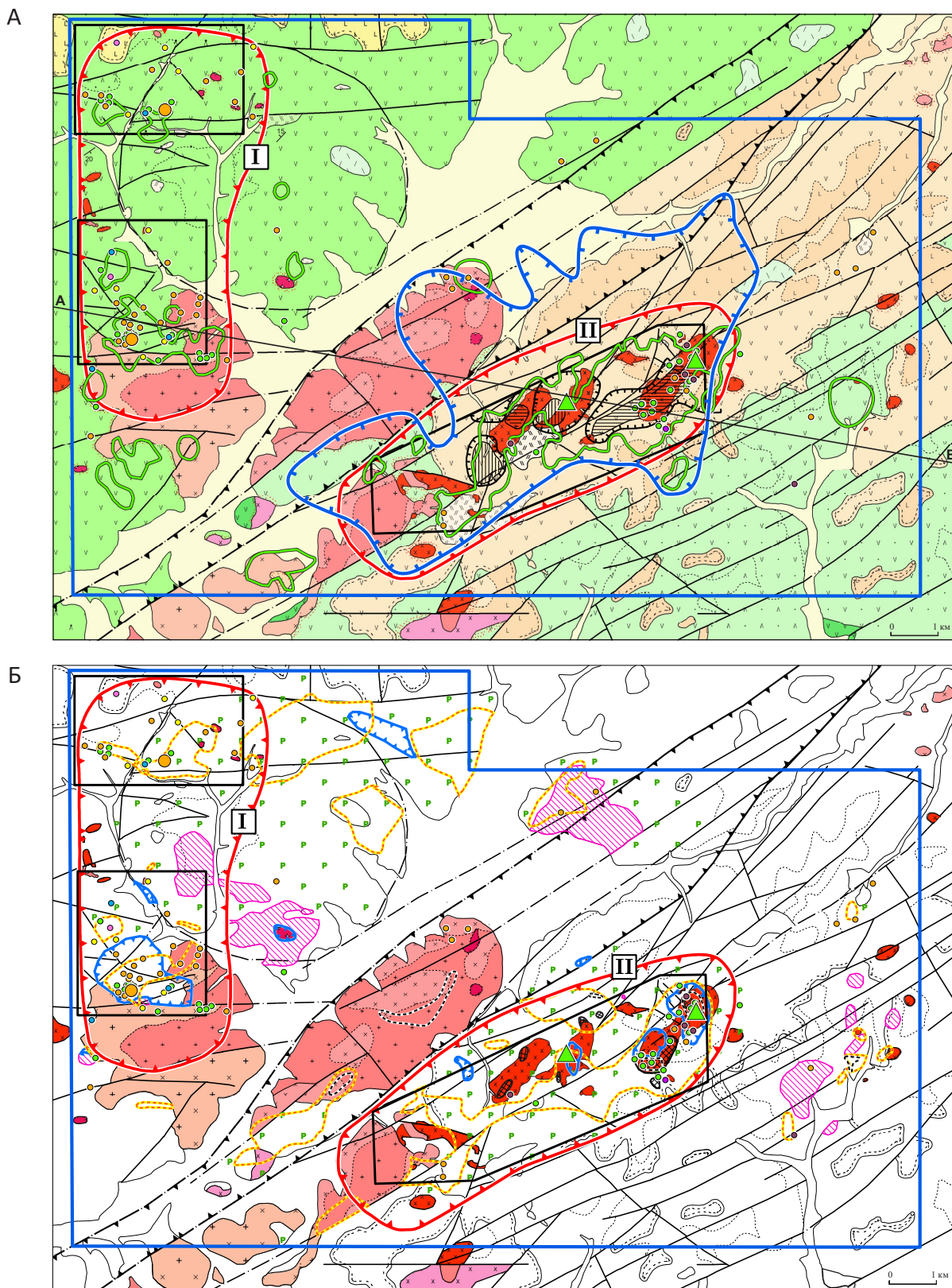


Рис. 8. Прогнозная карта Убиенкинской перспективной площади масштаба 1 : 50 000 (уменьшено):

А – структурно-формационная основа с рудной нагрузкой, аномалиями Si в ВОР, магнитными и электроразведочными аномалиями; Б – накладка с ареалами распространения околорудных метасоматитов и рудной минерализации; см. услов. обозн. к рис. 9

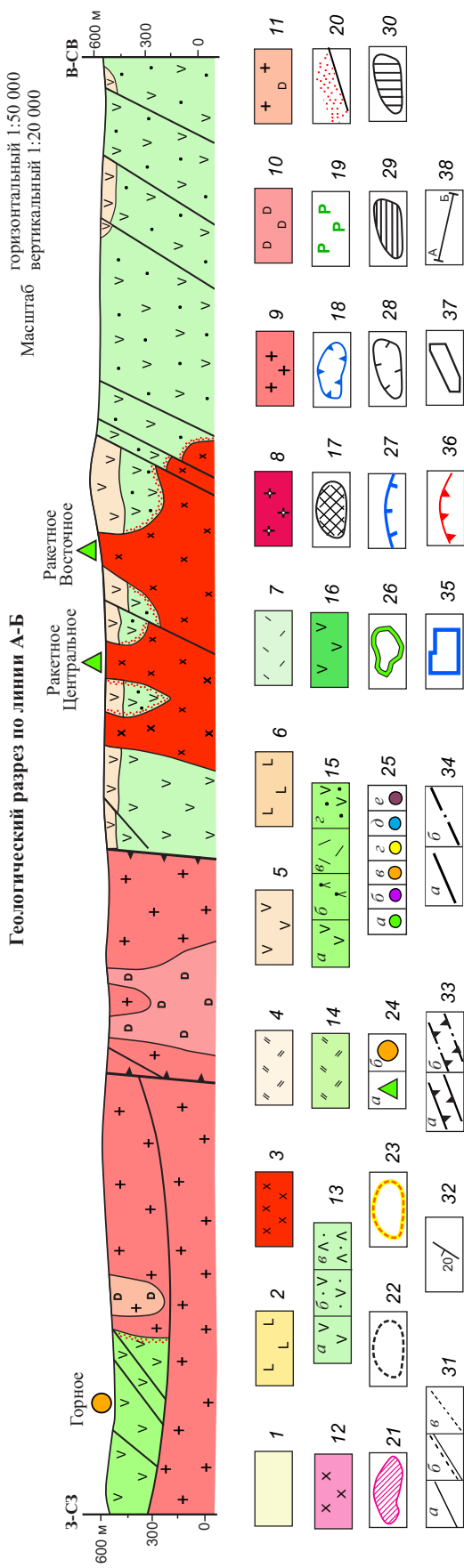


Рис. 9. Геологический разрез (уменьшено):

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – платобазальты; 3–6 – формации Окляно-Пенжинского ВПП: 3 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная (ракетный комплекс): габбро, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, кварцевые диориты, диоритовые и кварцевые диориты, тоналит-порфиры, плагиогранит-порфиры, 4–6 – контрастная базальт-андезит-дацитовая (энымеваамская свита): 4 – экструзивно-субвулканические теладацитов, 5 – лавы и туфы андезитов, 6 – лавы базальтов; 7–16 – формации Охотско-Чукотского ВПП: 7 – дацит-риолитовая (терпужойская свита) позднегоэтапа становления пояса: субвулканические тела и дайки дацитов и риолитов, 8–16 – раннего этапа: 8–12 – монцитонитовая габбро-диорит-гранодиорит-гранитная (кавальянская свита): лавы андезитов (а), гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры и кварцевые монцитонит-порфиры (третья фаза), 9 – граниты (вторая фаза), 10 – кварцевые монцитоны (вторая фаза), 11 – граниты и кварцевые монцитоны (первая фаза), 12 – диориты (первая фаза), 13 – андезит-андезидацит-дацитовая (кавальянская свита): лавы андезитов (а), туфы андезитов (б), игнимбриты риолитов (в), 14–15 – андезит-дацит-риолитовая (эмунеретская свита): 14 – субвулканические тела дацитов, 15 – лавы андезитов (а), лавы трахидацитов (б), туфы дацитов (в), 16 – андезитовая (убиенкинская свита): лавы андезитов; 17–19 – метасоматиты: 17 – биотитовые, 18 – кварц-серцитовые, серцит-кварцевые, кварцевые, кварц-серцит-хлоритовые, серцит-хлоритовые (с карбонатами), 19 – пропилиты; 20 – контактовые роговики; 21 – апоэффузивные кварциты; 22–23 – ареалы развития рудной минерализации: 22 – магнетитовой, 23 – сульфидной; 24 – рудопроявления: медно-порфировые – Ракетное Центральное и Ракетное Восточное (а), золота (з), серебра (с), свинца (ш), цинка (ц); 25 – пункты минерализации: меди (а), молибдена (б), золота (з), серебра (с), свинца (ш), цинка (ц); 26 – аномалии меди во ВОР интенсивностью $\geq 0,025\%$ (по результатам литохимической съёмки масштаба 1 : 25 000 ФГУП «Георегион» 2010 г.); 27 – аномалии меди во ВОР интенсивностью $\geq 0,025\%$ (по результатам литохимической съёмки масштаба 1 : 25 000 ФГУП «Георегион» 2010 г.); 28–30 – геофизические аномалии: 28 – отрицательные магнитного поля, 29 – ЕП интенсивностью (-300)–(-600) мВ, 30 – СЭП-ВП, ВЭЗ-ВП (вызванная поляризуемость более 6%), ЕП интенсивностью (-50)–(-100) мВ (по данным ОАО «Георегион» 2010 г.); 31 – контакты пород: согласного залегания (а), несогласного залегания (б), литофациальные (в); 32 – элементы залегания пород; 33–34 – разрывные нарушения: 33 – зона Анадырского глубинного разлома: установленная (а), предполагаемая под четвертичными отложениями (б), 34 – оперяющие и иные разломы низших порядков: установленные (а), предполагаемые (б); 35–37 – границы: 35 – Убиенкинской лицензионной площади, 36 – потенциальных рудных полей: Горного (I) и Ракетного (II), 37 – площадей литохимической, магнитной и электроразведочной съёмки масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000; 38 – линия геологического разреза

и комагматичные им массивы диоритов – монцодиоритов – кварцевых монцодиоритов. В юго-западной части ПРП и западнее – в поднятом тектоническом блоке в зоне Анадырского разлома и на южном фланге Горного ПРП – эти массивы вскрыты эрозией. В центральной и восточной частях Ракетного поля вулканиды энмываамской и нижележащей кавральянской свит прорваны мелкими массивами, штоками и дайками тоналитового ряда (от габбро до плагиогранит-порфиры) палеоценового ракетного комплекса, в которых отмечаются многочисленные ксенолиты гранитоидов кавральянского комплекса.

В становлении ракетного комплекса выделены четыре фазы: I – габбро, диориты и мелкозернистые кварцевые диориты, слагающие основной объём массивов; II – диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры (штоки); III – порфировидные тоналиты и плагиограниты (штоки); IV – тоналит-порфиры и плагиогранит-порфиры (дайки). Рудоносными являются штоки диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов, а также порфировидных тоналитов, в экзоконтактных зонах которых, преимущественно в мелкозернистых диоритах первой фазы, сосредоточен основной объём медно-порфировых руд (см. рисунки 8, 9).

Вмещающие вулканогенные породы в экзоконтактах интрузивных массивов ороговикованы, окварцованы, серицитизированы, хлоритизированы. В периферийных участках развита площадная пропилитизация вулканидов с мелкой рассеянной окисленной пиритовой вкрапленностью (пиритовый ореол) и участками интенсивной эпидотизации и березитизации; встречаются тела апоэффузивных вторичных кварцитов. Сами интрузивы в апикальных частях интенсивно биотитизированы, окварцованы, серицитизированы.

Наиболее значительное по площади (около 1,8 км²) поле биотитизированных, окварцованных и серицитизированных пород с рудной минерализацией оконтурено на восточном наиболее эродированном фланге ПРП (участок рудопроявления Ракетное Восточное). Оно приурочено к наибольшему по площади выходу на дневную поверхность штока рудоносных диоритовых – кварцевых диоритовых порфиритов в выступе-апофизе крупного многофазного Ракетного плутона, прогнозируемого на глубине. В центре (участок рудопроявления Ракетное Центральное) и на западном фланге рудного поля с меньшими уровнями эрозионного среза такие выходы несравненно меньше размерами, как

и поля сопряжённых с ними минерализованных серицитсодержащих метасоматитов.

Установленная рудно-метасоматическая зональность подобна зональности МПС рифтогенных базальтоидных поясов Урала (Михеевская, Вознесенская, Круглогорская, Покровская, Тоупугол-Ханмейшорская, Гумешевская и др.), формирование которых связано с магматизмом натрового (тоналитового) профиля. От центра к периферии системы отмечается смена следующих зон: внутриинтрузивная (в порфировых штоках) пропилитовая (альбит-карбонат-актинолит-эпидот-хлорит-пренитовая) → внутренняя биотитовая с основным объёмом прожилково-вкрапленных магнетит-халькопирит-пиритовых руд → фрагментарно проявленная филлизитовая (кварц-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые, монокварцевые метасоматиты с карбонатами) с вкрапленностью пирита и халькопирита → внешняя пропилитовая (альбит-актинолит-эпидот-карбонат-хлоритовая) с обширным пиритовым ореолом, охватывающим практически всю площадь участка. Эта зональность близка к описанной в «диоритовой» модели В. Холлистера [29].

Вкрапленная и прожилково-жилльная магнетитовая и сульфидная минерализация локализована в основном в биотитовой и филлизитовой зонах. Локальные участки, обогащённые халькопиритом, сопряжены с зоной интенсивной биотитизации мелкозернистых диоритов первой фазы ракетного комплекса.

Руды представлены разноориентированными кварцевыми и кварц-карбонатными жилами (до 10–20 см мощностью) и прожилками (от долей до первых мм) с магнетитом и сульфидами, сопровождающимися вкрапленностью (1–3 %, редко до 5–7 % объёма пород) магнетита, пирита, реже халькопирита, приуроченной к хлоритизированным темноцветным минералам. В зальбандах жил и прожилков – хлорит, эпидот. Пострудные прожилки сложены кварцем, карбонатом, ангидритом, реже флюоритом и цеолитами.

Главные рудные минералы руд – халькопирит, пирит, магнетит, гематит (спекулярит); второстепенные – галенит, сфалерит, пирротин. Среди гипергенных минералов преобладают малахит, азурит, халькозин, ковеллин, азурит и хризоколл. Магнетит частично замещён гематитом. В биотитизированных породах он нередко содержит тонкую вкрапленность наложенного халькопирита. Сульфиды в прожилках присутствуют в виде вкрапленности, также представлены гнёздами, отдельными

Табл. 2. Прогнозно-поисковая модель ПРП золото-полисульфидного типа Ольховского и Серовского ПРР

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
1. Формационные: 1.1. Потенциально рудоносные плутоногенные формации продуктивных ВПА	<i>Габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцонитоидным уклоном (K₂)</i> (кавральянский комплекс) раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП с двумя разновозрастными группами: <i>ранней:</i> габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты (массивы); диоритовые и кварцевые диоритовые порфириты (штоки, дайки); <i>поздней:</i> монцодиориты, кварцевые монцодиориты, кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы (массивы); кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы (штоки, дайки); гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы (дайки). Породы ранней группы, возможно, принадлежат <i>габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации (K₁)</i> K-Na известково-щелочной серии Удско-Мургальского ВПП
1.2. Рудовмещающие вулканогенные формации продуктивных ВПА	<i>Дацит-андезидацитовая (K₂)</i> – халанкинская свита; <i>дацит-андезидацит-риолитовая (K₂)</i> – нижняя толща эмунеретской свиты
1.3. Перекрывающие формации	<i>Дацит-риолитовая (игнимбритовая) (K₂)</i> – терпухойская свита
1.4. Подстилающие формации	<i>Андезитовая (K₁)</i> – усовская свита
2. Структурные	Прибортовые части вулканопрогибов, примыкающие к Убиенкинскому магматогенному поднятию. Анадырский глубинный разлом с опережающими разломами низших порядков, контролирующий положение и морфологию Лаво-Кавральянского и Серовского многофазных плутонов; надынтрязивные зоны последних. Кольцевые и радиальные разломы вулканических и вулканоплутонических структур
3. Формационно-фациальные:	
3.1. Порфировые фазы продуктивных интрузивных комплексов	Кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы
3.2. Главные фазы продуктивных интрузивных комплексов	Кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы
3.3. Дайковый комплекс, завершающий становление полиформационных плутонов (пострудные фазы)	Гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы
4. Метасоматические	Линейно вытянутые зоны гидротермального изменения кавральянских гранитоидов (на Серовском проявлении) и вмещающих вулканитов (на Горном и Косогорнинском). Метасоматическая зональность (от центра к периферии): филлизитовая (карбонат- и пиритсодержащие кварц-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые, серицит-кварцевые (до монокварцевых) метасоматиты) → пропилитовая
5. Геохимические	Обширные контрастные вторичные ореолы рассеяния Pb и Zn, в центральных частях которых сравнительно небольшие аномалии Cu и Mo, что может интерпретироваться как признак верхних частей не вскрытых эрозией МПС

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
6. Минералогические	Многочисленные пункты первичной и окисленной жильной и прожилково-вкрапленной медной и полисульфидной (с золотом) минерализации. Пиритовые ореолы. Жильные золото-полисульфидные проявления Горное, Косогорнинское, Серовское (кварц-турмалиновые и кварцевые брекчии, сульфидно-кварцевые, кварц-карбонатные жилы и прожилки с галенитом, сфалеритом, пиритом, халькопиритом, теннантитом, аргентитом). Золотые россыпи и шлиховые потоки рассеяния золота
7. Геофизические	Контрастные разнознаковые магнитометрические аномалии, отражающие распространение вулканогенных и интрузивных пород с различными магнитными свойствами. Отрицательные магнитные аномалии (dT_a от -200 до -400 нТл и ниже) на фоне слабо повышенных значений, фиксирующие поля гидротермально-изменённых пород. Высокие значения кажущегося сопротивления ρ_k (3000–50 000 Ом·м на фоне 500–2000 Ом·м, метод ЭП) соответствуют зонам окварцевания, а также распространения кварцевых жил и брекчий
8. Морфологические (форма и параметры рудных зон)	Серия линейно вытянутых (со средними углами падения) зон жильно-прожилковой минерализации и оруденелых брекчий мощностью в первые десятки м, прослеженные до первых сотен м; жилы мощностью от нескольких сантиметров до первых метров протяжённостью до 80–100 м. Общие параметры зон гидротермально изменённых минерализованных пород: протяжённость до 1000 м, ширина до 230 м

зёрнами и прожилками пиритового, пирит-халькопиритового и халькопиритового состава (без кварцевого сопровождения), нередко в сростании с магнетитом и ильменитом.

Объём, занимаемый рудными жилами и прожилками во вмещающих породах, составляет от 1–2 до 5–7 %, но в южном экзоконтакте порфиорового штока в биотитизированных диоритах на участке рудопроявления Ракетное Восточное достигает «ураганных» значений – до 50–60 %. Однако количество рудных минералов здесь невелико – не более 1–3 %, максимум 5 %, что отражается в низких содержаниях Cu. Судя по всему, это практически безрудное «кварцевое ядро» Ракетной МПС.

Выявленные детализационными поисковыми работами масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000 и крупнее (геолого-поисковыми маршрутами, литохимической съёмкой, магнито- и электроразведкой, гамма-спектрометрией) разобобщённые поля гидротермально изменённых и оруденелых пород «фиксируют» отдельные центры Ракетной гидротермальной рудообразующей системы, сопряжённые в пространстве с выступами-апофизами единого на глубине крупного многофазного массива габбро-

диорит-тоналит-плаггиогранитной формации существенно Na профиля (ракетного комплекса) Окклано-Пенжинского пояса. Существование таких центров подтверждается также наибольшим сосредоточением пунктов минерализации Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, шлиховыми ореолами Au, а также зональностью ВОР. Обширные аномалии повышенных содержаний Cu и Mo, фиксирующие внутренние части системы, к периферии сменяются не менее значительными по площади ореолами Pb, Zn и Ag, что соответствуют классической модели геохимической зональности МПС, описанной во многих публикациях [13, 14, 17 и др.].

Прогнозно-поисковые признаки и критерии, установленные при изучении Ракетной МПС и дополненные поисковыми данными по Веткинской, приведены в таблице 3. Элементы построенной ППМ отражены на прогнозной карте Убиенкинской перспективной площади (см. рисунки 8, 9) и учтены при оконтуривании ПРП, эквивалентных названным системам. Ввиду отсутствия промышленно значимых медно-порфирировых объектов в Окклано-Пенжинском и Удско-Мургальском ВПП в качестве объекта-аналога может рассматриваться

Табл. 3. Прогнозно-поисковая модель медно-порфировых ПРП Убиенкинской и Серовской перспективных площадей

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
<p>1. Формационные: 1.1. Потенциально рудоносные плутогенные формации продуктивных ВПА</p>	<p><i>Габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная формация (P₁)</i> (ракетный комплекс) К-На известково-щелочной серии Окрано-Пенжинского ВПП с четырьмя фазами становления: первая: габбро, диориты и кварцевые диориты мелкозернистые (массивы); вторая: диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры (штоки); третья: тоналиты и плагиограниты порфировидные (штоки); четвертая: тоналит-порфиры и плагиогранит-порфиры (дайки)</p>
<p>1.2. Рудовмещающие вулканогенные формации продуктивных ВПА</p>	<p><i>Дацит-андезитовая формация (K_{1,2})</i> – халанкинская, кавральянская, убиенкинская, авдеевская, волчинская свиты/толщи. <i>Базальт-андезибазальтовая формация (K₁)</i> – березовская свита</p>
<p>1.3. Перекрывающие формации</p>	<p>Платобазальты (Q)</p>
<p>1.4. Подстилающие формации</p>	<p>Вулканогенные формации двух ВПП: Охотско-Чукотского (K₁–K₂): <i>дацит-риолитовая (игнимбритовая) (K₂)</i> – терпухойская свита; <i>андезит-андезидацит-дацитовая (K₂)</i> – кавральянская свита; <i>андезитовая (K₂)</i> – убиенкинская свита; <i>базальт-андезибазальтовая (K₁)</i> – березовская свита; Удско-Мургалевского (J₃–K₁): <i>андезитовая (K₁)</i> – усовская свита</p>
<p>2. Структурные</p>	<p>Анадырский глубинный разлом северо-восточного простирания с многочисленными оперяющими разломами. Экзоконтактовые зоны штоков кварцевых диоритовых порфиритов – порфировидных тоналитов габбро-диорит-тоналит-плагиогранитовой формации (P₁)</p>
<p>3. Формационно-фациальные: 3.1. Порфировые фазы продуктивных интрузивных комплексов</p>	<p>Диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры второй фазы, тоналиты порфировидные третьей фазы</p>
<p>3.2. Главные фазы продуктивных интрузивных комплексов</p>	<p>Габбро средне-крупнозернистое, диориты и кварцевые диориты мелкозернистые первой фазы. Ксенолиты кварцевых диоритов, гранодиоритов и гранитов предположительно кавральянского комплекса габбро-диорит-гранодиорит-гранитной монцитонитовой формации (K₂)</p>
<p>3.3. Дайковый комплекс, завершающий становление полиформационных плутонов (пострудные фазы)</p>	<p>Тоналит-порфиры и плагиогранит-порфиры четвертой фазы</p>
<p>4. Метасоматические</p>	<p>Поля гидротермально изменённых пород площадью от сотен м² до первых км². Метасоматическая зональность (от центра к периферии систем): внутренняя пропилитовая (в порфировых штоках) → биотитовая с магнетитом (в прожилках и вкрапленности) → филлизитовая (карбонат- и пиритсодержащие кварц-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые, серицит-кварцевые, монокварцевые метасоматиты с карбонатами), частично наложенная на предшествующую → пропилитовая (альбит-актинолит-эпидот-карбонат-хлоритовые с пиритом метасоматиты с вариациями количественных соотношений вторичных минералов). Сульфидная прожилково-вкрапленная минерализация сосредоточена в биотитовой и частично филлизитовой зонах. В пропилитовой зоне развита мелкая вкрапленность пирита (пиритовый ореол). В целом рудно-метасоматическая зональность соответствует «диоритовой» модели зональности МПС, формирование которых связано с магматизмом существенно натрового (тоналитового) профиля</p>

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
5. Геохимические	Комплексные высококонтрастные вторичные ореолы рассеяния Cu, Mo, Pb, Zn, Ag и др. элементов, пространственные соотношения которых соответствуют типовой геохимической зональности МПС. Размеры ореолов, оконтуренных по минимально аномальным значениям содержаний цветных металлов, первые километры в поперечнике. Вторичные аномалии Cu интенсивностью до 0,1 % и выше с площадями в первые десятые км ²
6. Минералогические	Проявления и пункты первичной и окисленной штокверковой и жильной медной минерализации: сульфидно-кварцевые, кварцевые, кварц-карбонатные, кварц-турмалиновые, кварц-магнетитовые жилы и прожилки с сульфидами и сопровождающей вкрапленностью рудных минералов в межжильном пространстве. Зоны вкрапленной и гнездовой пиритизации (пиритовые ореолы). Медно-порфиоровые проявления Ракетное Центральное, Ракетное Восточное, Веткинское, сопряжённые с порфиоровыми штоками – выступами-апофизами находящегося на глубине полифазного плутона ракетного комплекса (Р ₁). Потоки рассеяния Cu с сопутствующим Ag
7. Геофизические	Высококонтрастные магнито- и гамма-спектрометрические аномалии, которые отражают выходы на дневную поверхность разнотипных пород, в т.ч. метасоматически изменённых, фиксирующих пониженными значениями dTa. Аномалии содержаний K, Th, Ra, отражающие в основном монцитонидные дифференциаты кавральянского комплекса (К ₂) и риолитовые купола (Р ₁), а также зоны биотитизации и серицитизации пород. Аномалии ВП, фиксирующие зоны сульфидной минерализации, преимущественно пиритизации (пиритовые ореолы)
8. Морфологические (форма и параметры рудных зон)	Изометричные в плане, слабо вытянутые в восточном-северо-восточном направлении зоны развития прожилково-вкрапленной медной минерализации с углами падения от средних до крутых. При оконтуривании по содержанию меди 0,1 % размеры зон по поверхности измеряются сотнями метров. На Ракетном-Восточном поисковом участке одноимённого ПРП выделены две разобщённые рудные зоны с параметрами около 550 × 160 м и 200 × 120 м. В разрезе первая (Центральная зона) имеет форму перевёрнутой чаши, вторая (Северо-Восточная) – расширяющейся по восстанию трубы

Михеевское рудное поле с одноимённым (Mo)-Cu-порфиоровым месторождением. Оно выделено в Новониколаевском РР Новониколаевско-Тарутинской МЗ (Восточно-Уральская провинция, Ю. Урал), отвечающей грабен-синклинали протяжённостью более 60 км. Образование Михеевского месторождения связано со становлением габбро-диорит-плагиогранитной формации Катенинского рифтогенного пояса (D₃-C₁). Его положение в геоструктурах и геологическое строение подробно описаны в работах [6, 12, 26], параметрическая гео-

лого-поисковая модель – в монографии «Медно-порфиоровые месторождения» [14].

По степени проявления поисковых признаков на площади Ракетного ПРП были выделены три поисковых участка различной перспективности для постановки заверочных горно-буровых работ: Ракетный (Восточный), Центральный и Западный. На первом, наиболее перспективном, пройдены 3 магистральные канавы (718 пог. м) и пробурены 9 колонковых скважин глубиной от 155 до 301 м. На участке рудопроявления Ракетное-Центральное для

заверки комплексной аномалии Cu и Mo пробурена 1 скважина. Всего на рудном поле пробурены 10 скважин – 2784 пог. м.

В итоге на Ракетном участке по бортовому содержанию меди 0,1 % были оконтурены две рудные зоны – Центральная с морфологией перевёрнутой чаши и параметрами по поверхности 500×250 м, вертикальным размахом до 230 м и расширяющаяся по восстанию трубообразная Северо-Восточная, около 120 м в поперечнике, прослеженная до глубины 280 м. Содержания меди в рудах невысокие – от 0,2 до 0,6–0,7 %, в отдельных пробах до 1,0 %, попутных компонентов – низкое.

Оценённые по категории P_2 прогнозные ресурсы минерализованных зон Ракетного ПРП, оконтуренных по бортовому содержанию меди 0,1 % до глубины 300 м, составили руды 607 млн т, меди 971 тыс. т при среднем содержании 0,16 %. С учётом низкого содержания Cu они были отнесены к некондиционным.

Завершая описание потенциальных рудных полей Ольховского ПРП, отметим, что принадлежность распространённых в их пределах рудоносных интрузивных комплексов к разным магматическим сериям отразилась в рудно-метасоматической зональности и составе руд изученных объектов, что было учтено в прогнозно-поисковых моделях. К главным отличиям, помимо, естественно, состава основных (фанеритовых) и рудоносных порфирировых фаз продуктивных плутоногенных формаций – монзонитового профиля для Ольховской МПС и тоналитового – для Ракетной, можно отнести интенсивную биотитизацию (при полном отсутствии калишпатизации), более «густой» сульфидно-магнетит-кварцевый штокверк (иногда до 50–60 % объёма вмещающих пород), отсутствие Au-полисульфидных жильно-прожилковых проявлений на флангах, а также низкие содержания Cu и попутных компонентов в рудах последней из них. Более высокие содержания Cu, Au и Ag в рудах Ольховского рудопроявления, соответствовавшие заданным оценочным параметрам, позволили локализовать и апробировать их прогнозные ресурсы по категории P_2 . Кроме того, серицитсодержащие метасоматиты филлизитовой зоны – продукты кислотного выщелачивания пород на Ракетной МПС – развиты ограничено в отличие от Ольховской, где они широко распространены, хотя, возможно, это следствие более глубокого эрозийного среза восточного фланга Ракетной РМС со вскрытием безрудного «кварцевого ядра», харак-

терного для сильно эродированных медно-порфирировых объектов. Ранний высокотемпературный калиево-кремниевый метасоматоз в Ольховской МПС проявлен в виде слабой биотитизации во внутренних частях (эндо-экзоконтактных зонах рудоносных интрузивов) и в ранних пропилитах (биотитовых, биотит-амфиболовых, амфиболовых) – на флангах [1, 2]. Калишпатизация не отмечена, но не исключено, что ранние калишпатовые (или биотит-калишпатовые) метасоматиты были полностью уничтожены наложенным, исключительно интенсивным кислотным выщелачиванием.

Выводы. 1. На перспективы Кавральянской металлогенической подзоны в отношении поисков медно-порфирировых и сопряжённых руд благородных металлов указывают следующие факторы:

- площадное развитие трёх потенциально продуктивных ВПА и их плутоногенных составляющих – формаций: неокомовой габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (мургальский комплекс) рифтогенного Удско-Мургальского ВПП, позднемеловой монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной (кавральянский комплекс) раннего этапа становления андезитоидного окраинно-континентального орогенно-активизационного Охотско-Чукотского и палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной (ракетный комплекс) рифтогенного Окляно-Пенжинского, выделенного на изученной территории впервые (рудоносными в пределах МПЗ являются формации двух последних поясов);

- геоструктурная обстановка – сочленение магматогенных поднятий Мургальского горст-антиклинария, ядерные части которых занимают многофазные, нередко полиформационные, интрузивные массивы перечисленных формаций (комплексов) с Нижне-Еропольским и Тополевским вулканотектоническими прогибами; подобные условия локализации характерны для большинства комплексных медно-порфирировых систем ВПП тихоокеанской окраины России; они благоприятны для обнаружения медно-порфирировых и сопряжённых мезо- и эпitherмальных Au-полисульфидных и Au-Ag объектов;

- развитие обширных полей гидротермально-изменённых пород, приуроченных к эндо-экзоконтактным зонам штоков и даек завершающих порфирировых фаз плутонов рудоносных формаций; наличие медно-порфирировых рудопроявлений, а также проявлений и многочисленных пунктов мезо- и эпitherмальной жильно-прожилковой благород-

нометалльной минерализации фланговых и периферийных частей РМС с комплексной металлогенией; присутствие масштабных, высокоинтенсивных ВОР Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, потоков рассеяния тех же элементов и Au, а также шлиховых ореолов золота, шеелита, киновари.

2. Проведёнными исследованиями, включавшими создание структурно-формационной, геофизической и геохимической основ прогнозного районирования территории Кавряльнянской МПЗ и традиционный комплекс поисковых методов, были выявлены Ольховская и Серовская КПМ РМС, образовавшиеся при становлении Пенжинско-Анадырского звена мелового Охотско-Чукотского ВПП; оконтурены эквивалентные им ПРР, а также внутренние и фланговые (периферийные) части этих систем, отвечающие ПРП с медно-порфировым и сопряжённым Au-полисульфидным и Au-Ag оруденением. Кроме них на северо-восточном фланге Ольховского района выявлена эквивалентная ПРП Ракетная МПС палеоценового Оклано-Пенжинского пояса. На севере Серовского ПРП установлены поисковые признаки такой же системы – Ветчинской, но она изучена слабо.

3. Принадлежность плутоногенных формаций, продуктивных на медно-порфировое оруденение, к производным известково-щелочной серии Na-K и K-Na профиля отразилась в различиях петрологии рудовмещающих пород и рудно-метасоматической зональности МПС – Ольховской Охотско-Чукотского ВПП и Ракетной наложенного Оклано-Пенжинского. Зональность первой из них отвечает «монцонитовой» модели, второй – «диоритовой». Вероятно, что это также явилось причиной более низких содержаний полезных компонентов в рудах Ракетного рудопроявления в сравнении с Ольховским, в частности отсутствии значимых концентраций Au и Ag.

4. Выявленные опережающей литохимической съёмкой АГХП в комплексе с данными геологического картирования масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 дали возможность оконтурить в первом приближении ПРП. Их границы были уточнены в ходе проведения геолого-поисковых маршрутов масштаба 1 : 25 000, 1 : 10 000–1 : 5000, геохимических поисков по ВОР масштаба 1 : 25 000

и 1 : 10 000, магнито- и электроразведки, гамма-спектрометрии масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000. По их результатам, с учётом элементов созданных прогнозно-поисковых моделей ПРП, которые соответствуют прямым и косвенным поисковым признакам разных частей РМС, были выделены участки детализации (ПУ) с ранжированием по перспективности и очередности постановки заверочных горно-буровых работ.

Научная новизна и прикладное значение результатов комплексных исследований специалистов ЦНИГРИ, ОАО «Георегион» и ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» состоит: в формационном расчленении СВК трёх разновозрастных ВПП (Охотско-Чукотского, Удско-Мургальского и Оклано-Пенжинский) и их субстрата (фундамента) с выделением ВПА, продуктивных на медно-порфировые и благороднометалльные руды; выявлении и оконтуривании связанных с их становлением КПМ РМС, эквивалентных ПРР, их внутренних и фланговых частей с разной металлогенией, которым соответствуют ПРП; установлении различий в рудно-метасоматической зональности и составе руд изученных МПС, обусловленных главным образом принадлежностью рудоносных интрузивных комплексов существенно калиевой либо натровой известково-щелочным сериям – производным магматических очагов в орогенно-активизационной окраинно-континентальной и рифтогенной (посторогенной) геодинамических обстановках.

В целом проведёнными исследованиями поставленная цель по оценке перспектив выявления медно-порфировых месторождений на территории Юго-Западной Чукотки была достигнута. Такие перспективы имеются, о чём свидетельствуют вышеизложенные материалы, в том числе апробированные прогнозные ресурсы меди, золота и серебра категории P₂ Ольховского рудного поля.

Описанные методические подходы к решению прогнозно-поисковых задач могут быть использованы при реализации будущих геологоразведочных проектов, направленных на обнаружение месторождений медно-порфировых и сопряжённых руд благородных металлов в Чукотском АО и Дальневосточном ФО в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. В., Авилова О. В., Васюков В. В., Звездов В. С., Минина О. В., Столяренко В. В., Чернов Е. Е. Медно-порфиновые проявления Юго-Западной Чукотки и перспективы обнаружения промышленных объектов // Отечественная геология. – 2014. – № 6. – С. 32–47.
2. Андреев А. В., Волчков А. Г., Авилова О. В. [и др.] Отчёт по объекту «Вещественный состав и зональность медно-порфинового оруденения Ольховской площади Мургалльской металлогенической зоны». Договор № 001д с ОАО «ГЕОРЕГИОН». – М. : ФГУП ЦНИГРИ, 2012.
3. Асламов Ю. В., Альтман В. Л. Отчёт о результатах работ по объекту «Комплексная интерпретация геофизических данных по Убиенкинской и Серовской площадям с целью выделения площадей, перспективных для обнаружения медно-порфиновых и сопряженных руд». Договор № 50/2010 с ФГУП «ГЕОРЕГИОН» в рамках Государственного контракта № 2/2010. – СПб. : ЗАО НПП ВИРГ-РУД-ГЕОФИЗИКА. – 2011.
4. Бочкарев А. С., Шабалин В. П. [и др.] Отчёт о групповой геологической съёмке, геологическом доизучении площади масштаба 1 : 50 000 и поисках месторождений полезных ископаемых на территории листов Q-59-76-А, Б, В, Г; 77- А, Б, В, Г; 78- А, Б; 87- Г; 88- А, Б, В, Г; 89- А, Б; 99- А, Б, в бассейне верхнего течения р. Анадырь. Верхне-Анадырский групповой отряд (1976–1980 гг.). – Анадырь, 1980.
5. Васюков В. В., Андреев А. В., Авилова О. В. Геолого-геохимические критерии прогнозирования медно-порфиновых и сопряженных руд в Пенжинско-Анадырской металлогенической зоне, Чукотский АО // Отечественная геология. – 2016. – № 1. – С. 62–71.
6. Грабежев А. И., Белгородский Е. А. Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфиновых месторождений (на примере Урала). – Екатеринбург : УрО РАН, 1992. – 199 с.
7. Григорян С. В., Соловов А. П., Кузин М. Ф. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М. : Недра, 1983. – 191 с.
8. Звездов В. С. Обстановки формирования крупных и сверхкрупных медно-порфиновых месторождений // Отечественная геология. – 2019. – № 5. – С. 16–35.
9. Звездов В. С. Структурно-петрофизические обстановки формирования медно-порфиновых штокверков // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 3–44.
10. Звездов В. С., Минина О. В. Рудно-магматические системы вулканоплутонических поясов Востока России // Руды и металлы. – 2010. – № 1. – С. 48–59.
11. Китаев В. А. Отчёт о работе Горной поисково-разведочной партии масштаба 1 : 25 000 за 1966 г. – Анадырь, 1966.
12. Контарь Е. С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы). – Екатеринбург : Издательство УГГУ, 2013. – 199 с.
13. Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфиновых месторождений. – М. : Недра, 1983. – 256 с.
14. Кривцов А. И., Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Минина О. В. Медно-порфиновые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. – М. : ЦНИГРИ, 2001. – 232 с.
15. Лебедев В. В., Варламова В. А., Зарипов Р. Г. [и др.] Отчёт о результатах работ по объекту: «Поисковые работы на медно-порфиновые и сопряженные руды на Убиенкинской и Серовской площадях (Чукотский АО)». Договор с ФГУП «ЦНИГРИ» № 2/2010-1/45 в рамках Государственного контракта № 2/2010. – Анадырь : ОАО «ГЕОРЕГИОН», 2012.
16. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / Ваганов В. И., Волчков А. Г., Константинов М. М. [и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 1989. – 274 с.
17. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуски «Золото и серебро», «Металлы платиновой группы», «Никель и кобальт», «Медь», «Свинец и цинк» / Кривцов А. И. (главный редактор), Мигачев И. Ф., Беневольский Б. И., Вартамян С. С. [и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 2002.
18. Мигачев И. Ф., Гирфанов М. М., Шишаков В. Б. Медно-порфиговое месторождение Песчанка // Руды и металлы. – 1995. – № 5. – С. 48–58.
19. Мигачев И. Ф., Звездов В. С., Арифупов Ч. Х. [и др.] Отчёт о результатах работ по объекту: «Оценка ресурсного потенциала медно-порфиновых и сопряженных руд Северо-Востока России (Чукотский АО, Магаданская область)». Государственный контракт № 2/2010. – М. : ФГУП ЦНИГРИ, 2013.
20. Мигачев И. Ф., Минина О. В., Звездов В. С. Мезокайнозойские вулканоплутонические пояса – новая перспективная провинция Юго-Западной Чукотки // Отечественная геология. – 2014. – № 6. – С. 12–23.
21. Невретдинов Э. Б., Кузьминский Н. Н. [и др.] Окончательный отчёт о геологической съёмке масштаба 1 : 50 000 и поисках месторождений полезных ископаемых в бассейне р. Убиенки на территории листов Q-59-77-Г, 78-ВГ, 89-А, 90-АБ. – Анадырь : Анадырская КГРЭ, 1976.
22. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых // Под ред. Кривцова А. И., Беневольского Б. И.,

- Аксенова Е. М., Блинова Е. В. [и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.
23. *Справочник по поискам и разведке месторождений цветных металлов* / Кривцов А. И., Самонов И. З., Филатов Е. И. [и др.]. – М. : Недра, 1985. – 324 с.
 24. *Филатова Н. И.* Периокеанические вулканогенные пояса. – М. : Недра, 1988. – 264 с.
 25. *Читалин А. Ф., Николаев Ю. Н., Бакшеев И. А.* [и др.] Порфирово-эпитермальные системы Баймской рудной зоны, Западная Чукотка // Смирновский сборник-2016. Проблемы минералогии, экономической геологии и минеральных ресурсов : Научно-литературный альманах. – М. : Фонд им. академика В. И. Смирнова, 2016. – С. 82–114.
 26. *Шаргородский Б. М., Новиков И. М.* [и др.] Оценочные работы на Михеевском месторождении медно-порфириновых руд. – Челябинск : ЗАО «Михеевский ГОК», 2005.
 27. *Cook D. R., Hollings P., Walshe J. L.* Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls // *Economic Geology*. – 2005. – V. 100, № 5. – P. 801–818.
 28. *Gow P. A., Walshe J. L.* The role of preexisting geologic architecture in the formation of giant porphyry-related Cu ± Au deposits: examples from New Guinea and Chile // *Economic Geology*. – 2005. – V. 100. – P. 819–833.
 29. *Hollister V. F.* Geology of the porphyry copper deposits in the Western hemisphere. – New York, 1978. – 219 p.
 30. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposits // *Economic Geology*. – 1970. – V. 65. – P. 373–409.
 31. *Richards J. P.* Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation // *Economic Geology*. – 2003. – V. 98. – P. 1515–1533.
 32. *Sillitoe R. H.* Porphyry Copper Systems // *Economic Geology*. – 2010. – V. 105. – P. 3–41.

REFERENCES

1. *Andreyev A. V., Avilova O. V., Vasyukov V. V., Zvezdov V. S., Minina O. V., Stolyarenko V. V., Chernov Ye. Ye.* Medno-porfirovyye proyavleniya Yugo-Zapadnoy Chukotki i perspektivy obnaruzheniya promyshlennykh ob'ektov [Copper-porphyry manifestations of Southwestern Chukotka and prospects for discovering industrial objects], *Otechestvennaya geologiya*, 2014, No. 6, pp. 32–47. (In Russ.)
2. *Andreyev A. V., Volchkov A. G., Avilova O. V.* [et al.] Otchet po obyektu "Veshchestvennyy sostav i zonalnost mednoporfirovogo orudneniya Olkhovskoy ploshchadi Murgalskoy metallogenicheskoy zony". Dogovor No. 001d s OAO "GEOREGION" [Report on the project "Material composition and zoning of porphyry copper mineralization of the Olkhovskaya area of the Murgal metallogenic zone". Agreement No. 001d with JSC GEOREGION], Moscow, FGUP TSNIGRI publ., 2012. (In Russ.)
3. *Aslamov Yu. V., Altman V. L.* Otchet o rezultatakh rabot po obyektu "Kompleksnaya interpretatsiya geofizicheskikh dannyykh po Ubienkinskoy i Serovskoy ploshchadyam s tselyu vydeleniya ploshchadey, perspektivnykh dlya obnaruzheniya mednoporfirovyykh i sopryazhennykh rud". Dogovor No. 50/2010 s FGUGP "GEOREGION" v ramkakh Gosudarstvennogo kontrakta No. 2/2010 [Report on the results of work on the project "Comprehensive interpretation of geophysical data for the Ubienkinskaya and Serovskaya areas in order to identify areas promising for the discovery of porphyry copper and related ores." Agreement No. 50/2010 with FGUGP "GEOREGION" under State Contract No. 2/2010], St. Petersburg, ZAO NPP VIRG-RUDGEOFIZIKA publ., 2011. (In Russ.)
4. *Bochkarev A. S., Shabalin V. P.* [et al.] Otchet o gruppovoy geologicheskoy syomke, geologicheskom doizuchenii ploshchadi masshtaba 1, 50 000 i poiskakh mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh na territorii listov Q-59-76-A, B, V, G; 77- A, B, V, G; 78- A, B; 87-G; 88- A, B, V, G; 89- A, B; 99- A, B, v bassejne verkhnego techeniya r. Anadyr. Verkhne-Anadyrskiy gruppovoy otryad (1976-1980 gg.) [Report on the group geological survey, additional geological study of an area at a scale of 1:50,000 and prospecting for mineral deposits on the territory of sheets Q-59-76-A, B, C, G; 77- A, B, C, G; 78- A, B; 87-G; 88- A, B, C, G; 89- A, B; 99- A, B, in the upper reaches of the Anadyr River basin. Upper Anadyr Group Detachment (1976-1980)], Anadyr, 1980. (In Russ.)
5. *Vasyukov V. V., Andreyev A. V., Avilova O. V.* Geologo-geokhimicheskiye kriterii prognozirovaniya mednoporfirovyykh i sopryazhennykh rud v Penzhinsko-Anadyrskoy metallogenicheskoy zone, Chukotskiy AO [Geological and geochemical criteria for forecasting copper-porphyry and related ores in the Penzhina-Anadyr metallogenic zone, Chukotka Autonomous Okrug], *Otechestvennaya geologiya*, 2016, No. 1, pp. 62–71. (In Russ.)

6. *Grabezhev A. I., Belgorodskiy Ye. A.* Produktivnyye granitoidy i metasomatity medno-porfirovykh mestorozhdeniy (na primere Urala) [Productive granitoids and metasomatites of copper-porphyry deposits (using the Urals as an example)], Yekaterinburg, UrO RAN publ., 1992, 199 p. (In Russ.)
7. *Grigoryan S. V., Solovov A. P., Kuzin M. F.* Instruktziya po geokhimicheskim metodam poiskov rudnykh mestorozhdeniy [Instructions on geochemical methods for prospecting for ore deposits], Moscow, Nedra publ., 1983, 191 p. (In Russ.)
8. *Zvezdov V. S.* Obstanovki formirovaniya krupnykh i sverkhkrupnykh medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Formation environments of large and super-large copper-porphyry deposits], *Otechestvennaya geologiya*, 2019, No. 5, pp. 16–35. (In Russ.)
9. *Zvezdov V. S.* Strukturno-petrofizicheskiye obstanovki formirovaniya medno-porfirovykh shtokverkov [Structural and petrophysical settings for the formation of copper-porphyry stockworks], *Otechestvennaya geologiya*, 2021, No. 6, pp. 3–44. (In Russ.)
10. *Zvezdov V. S., Minina O. V.* Rudno-magmatischekiye sistemy vulkanoplutonicheskikh poyasov Vostoka Rossii [Ore-magmatic systems of volcanoplutonic belts of the East of Russia], *Rudy i metally*, 2010, No. 1, pp. 48–59. (In Russ.)
11. *Kitayev V. A.* Otchot o rabote Gornoy poiskovo-razvedochnoy partii masshtaba 1, 25 000 za 1966 g [Report on the work of the Mining Exploration Party of scale 1, 25,000 for 1966], Anadyr, 1966. (In Russ.)
12. *Kontar Ye. S.* Geologo-promyshlennyye tipy mestorozhdeniy medi, tsinka, svintsa na Urale (geologicheskiye usloviya razmeshcheniya, istoriya formirovaniya, perspektivy) [Geological and industrial types of copper, zinc, and lead deposits in the Urals (geological conditions of location, history of formation, prospects)], Yekaterinburg, Izdatelstvo UGGU publ., 2013, 199 p. (In Russ.)
13. *Krivtsov A. I.* Geologicheskiye osnovy prognozirovaniya i poiskov medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Geological foundations of forecasting and prospecting for copper-porphyry deposits], Moscow, Nedra publ., 1983, 256 p. (In Russ.)
14. *Krivtsov A. I., Zvezdov V. S., Migachev I. F., Minina O. V.* Mednoporfirovyye mestorozhdeniya. Seriya: Modeli mestorozhdeniy blagorodnykh i tsvetnykh metallov [Copper porphyry deposits. Series: Models of deposits of noble and non-ferrous metals], Moscow, TSNIIGRI publ., 2001, 232 p. (In Russ.)
15. *Lebedev V. V., Varlamova V. A., Zaripov R. G.* [et al.] Otchot o rezultatakh rabot po obyektu: “Poiskovyeye raboty na mednoporfirovyye i sopryazhennyye rudy na Ubiyenskoy i Serovskoy ploschadyakh (Chukotskiy AO)”. Dogovor s FGUP “TSNIIGRI” No. 2/2010-1/45 v ramkakh Gosudarstvennogo kontrakta No. 2/2010 [Report on the results of work on the project: “Prospecting for copper porphyry and associated ores in the Ubiyenskaya and Serovskaya areas (Chukotka Autonomous Okrug)”. Agreement with FSUE TsNIIGRI No. 2/2010-1/45 within the framework of State Contract No. 2/2010], Anadyr, OAO “GEOREGION” publ., 2012. (In Russ.)
16. *Metodika* krupnomasshtabnogo i lokalnogo prognoza mestorozhdeniy tsvetnykh, blagorodnykh metallov i almazov [Methodology for large-scale and local forecasting of deposits of non-ferrous, precious metals and diamonds], Vaganov V. I., Volchkov A. G., Konstantinov M. M. [et al.], Moscow, TSNIIGRI publ., 1989, 274 p. (In Russ.)
17. *Metodicheskoye* rukovodstvo po otsenke prognoznykh resursov almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov”. Vypuski “Zoloto i srebro”, “Metally platinovoy gruppy”, “Nikel i kobalt”, “Med”, “Svinets i tsink” [Methodological Guide for Assessing the Projected Resources of Diamonds, Precious and Non-Ferrous Metals. Issues: Gold and Silver, Platinum Group Metals, Nickel and Cobalt, Copper, Lead and Zinc], Krivtsov A. I. (glavnyy redaktor), Migachev I. F., Benevolskiy B. I., Vartanyan S. S. [et al.], Moscow, TSNIIGRI publ., 2002. (In Russ.)
18. *Migachev I. F., Girfanov M. M., Shishakov V. B.* Medno-porfirovyye mestorozhdeniya Peschanka [Copper-porphyry deposit Peschanka], *Rudy i metally*, 1995, No. 5, pp. 48–58. (In Russ.)
19. *Migachev I. F., Zvezdov V. S., Arifulov Ch. Kh.* [et al.] Otchot o rezultatakh rabot po obyektu: “Otsenka resursnogo potentsiala mednoporfirovyykh i sopryazhennykh rud Severo-Vostoka Rossii (Chukotskiy AO, Magadanskaya oblast)”. Gosudarstvennyy kontrakt No. 2/2010 [Report on the results of work on the project: “Assessment of the resource potential of porphyry copper and related ores in the North-East of Russia (Chukotka Autonomous Okrug, Magadan Region)”. State contract No. 2/2010], Moscow, FGUP TSNIIGRI publ., 2013. (In Russ.)
20. *Migachev I. F., Minina O. V., Zvezdov V. S.* Mezo-kaynozoykiye vulkano-plutonicheskiye poyasa – novaya perspektivnaya provintsiya Yugo-Zapadnoy Chukotki [Mesozoic-Cenozoic volcano-plutonic belts – a new promising province of Southwestern Chukotka], *Otechestvennaya geologiya*, 2014, No. 6, pp. 12–23. (In Russ.)
21. *Nevretdinov E. B., Kuzminskiy N. N.* [et al.] Okonchatelnyy otchot o geologicheskoy syomke masshtaba 1, 50 000 i poiskakh mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh v bassejne r. Ubiyenki na territorii listov Q-59-77-G, 78-VG, 89-A, 90-AB [Final report on the geological survey of a scale of 1:50,000 and the search for mineral deposits in the Ubiyenka River basin on the territory of sheets Q-59-77-G, 78-VG, 89-A, 90-AB], Anadyr, Anadyrskaya KGRE publ., 1976. (In Russ.)

22. *Printsipy, metody i poryadok otsenki prognozykh resursov tverdykh poleznykh iskopayemykh* [Principles, methods and procedure for assessing the predicted resources of solid minerals], ed. Krivtsov A. I., Benevolskiy B. I., Aksenov Ye. M., Blinova Ye. V. [et al.], Moscow, TSNIGRI publ., 2010, 95 p. (In Russ.)
23. *Spravochnik po poiskam i razvedke mestorozhdeniy tsvetnykh metallov* [Handbook of prospecting and exploration of non-ferrous metal deposits], Krivtsov A. I., Samonov I. Z., Filatov Ye. I. [et al.], Moscow, Nedra publ., 1985, 324 p. (In Russ.)
24. *Filatova N. I. Periokanicheskiye vulkanogennyye poyasa* [Perioceanic volcanic belts], Moscow, Nedra publ., 1988, 264 p.
25. *Chitalin A. F., Nikolayev Yu. N., Baksheyev I. A.* [et al.] Porfirovo-epitermalnyye sistemy Baimskoy rudnoy zony, Zapadnaya Chukotka [Porphyry-epithermal systems of the Baimskaya ore zone, Western Chukotka, Moscow, Fond im. akademika V. I. Smirnova publ., 2016, pp. 82–114. (In Russ.)
26. *Shargorodskiy B. M., Novikov I. M.* [et al.] Otsenochnyye raboty na Mikheyevskom mestorozhdenii medno-porfirovykh rud [Evaluation work at the Mikheevsky copper-porphyry ore deposit], Chelyabinsk, ZAO "Mikheyevskiy GOK" publ., 2005. (In Russ.)
27. *Cook D. R., Hollings P., Walshe J. L.* Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls, *Economic Geology*, 2005, V. 100, No. 5, pp. 801–818.
28. *Gow P. A., Walshe J. L.* The role of preexisting geologic architecture in the formation of giant porphyry-related Cu ± Au deposits: examples from New Guinea and Chile, *Economic Geology*, 2005, V. 100, pp. 819–833.
29. *Hollister V. F.* Geology of the porphyry copper deposits in the Western hemisphere, New York, 1978, 219 p.
30. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposits, *Economic Geology*, 1970, V. 65, pp. 373–409.
31. *Richards J. P.* Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation, *Economic Geology*, 2003, V. 98, pp. 1515–1533.
32. *Sillitoe R. H.* Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, 2010, V. 105, pp. 3–41.

Статья поступила в редакцию 11.12.25; одобрена после рецензирования 22.12.25; принята к публикации 22.12.25.
The article was submitted 11.12.25; approved after reviewing 22.12.25; accepted for publication 22.12.25

Геолого-геофизические критерии прогнозирования разноранговых золоторудных площадей в пределах Центрально-Колымского региона (на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района, Северо-Восток России)

Аннотация. В работе приводятся результаты анализа различных трансформаций магнитного, гравитационного, сейсмического и геоэлектрического полей Иньяли-Дебинской рудной зоны Яно-Колымского металлогенического пояса. Выявлены основные глубинные прогнозные критерии рудоносных площадей – региональные (на примере Берелёхского рудного района) и локальные (на примере Чай-Юрьинского рудного узла).

Ключевые слова: рудный район, рудный узел, трансформанты, магнитное поле, гравитационное поле, сейсмическое и геоэлектрическое поля, граница Мохо, глубинные прогнозные критерии оруденения.

ХАСАНОВ ИБРАГИМ МУБАРАКОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий геофизик¹, ведущий научный сотрудник², aumaglan@yandex.ru

МИХАЛИЦЫНА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник², tim_66@mail.ru

МАКАРОВА ДИАНА ВЛАДИМИРОВНА, старший инженер², dianka.zeta.22@mail.ru

¹ООО «Золотодобывающая Корпорация», г. Магадан

²ФГБУ Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук (СВКНИИ ДВО РАН), г. Магадан

Geological and geophysical criteria of forecasting for diverse-rank gold ore areas within the Central Kolyma region (on example of the Chai-Yurinsky ore cluster of the Berelekh ore district, Northeastern Russia)

I. M. KHASANOV^{1,2}, T. I. MIKHALITSYNA², D. V. MAKAROVA²

¹ООО “Zolotodobyvayuschaya Korporatsiya”, Magadan

²Federal State Budgetary Institution “N. A. Shilo North-Eastern Complex Research Institute”, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (SVKNII FEB RAS), Magadan

Annotation. This paper presents results of an analysis of various transformations of the magnetic, gravitational, seismic, and geoelectric fields of the In'yali-Debinsky ore zone of the Yana-Kolyma Metallogenic Belt. The main deep-level forecasting criteria of the ore-bearing areas have been identified, including the regional (based on the Berelekh ore district as an example) and local (the Chai-Yuryinsky ore cluster as an example) ones.

Key words: ore district, ore cluster, transformants, magnetic field, gravitational field, seismic and geoelectric fields, Moho boundary, deep-level forecasting criteria of ore mineralization.

Введение. Исследуемая территория, вмещающая Берелёхский минерагенический район и Чай-Юрьинский рудный узел в его пределах, приурочена к Центрально-Колымскому золоторудному региону. В административном плане она относится к Сусуманскому муниципальному округу Магаданской области и расположена в среднем течении р. Чай-Урья, правого притока р. Берелёх Колым-

ской речной системы. Геологическое изучение района ведётся с 1930-х гг. в связи с открытием в 1936 г. крупнейшей в мире россыпи золота р. Чай-Урья (добыто 300 т чистого металла). Однако вопрос о коренных источниках, соответствующих ей по масштабам и по настоящее время, остаётся дискуссионным. В результате проведения в последнее десятилетие поисково-оценочных и

разведочных работ ООО «Бар Голд», ООО «Золотодобывающая корпорация», ООО «Статус» в центральной части исследуемого района было выявлено золоторудное месторождение Шахтное и ряд рудопроявлений, объединённых в Урьинское рудное поле.

Цель исследований – выявление критериев прогноза (в том числе глубинного генезиса) разноранговых рудоносных площадей в пределах Центрально-Колымского региона на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района. В основу статьи положены авторские материалы полевых геолого-геофизических исследований (масштабов 1 : 200 000, 1 : 10 000 и 1 : 5 000); материалы по опорному геолого-геофизическому профилю 3 ДВ (масштаба 1 : 1 000 000) и аэромагнитной и гравиметрической (масштаба 1 : 200 000) съёмки (база ГРАВИМАГ); структурно-геофизические работы по созданию объёмной физико-геологической модели глубинного строения Центрально-Колымского района (масштаба 1 : 200 000); результаты комплексных геолого-геофизических геофизических данных [2, 6, 7].

Геологическая характеристика. Чай-Юрьинский рудный узел расположен в юго-восточной части Яно-Колымского орогенного пояса. Он приурочен к юго-западному крылу Иньяли-Дебинского мега-синклинория и северо-восточной части Аян-Юрьинского антиклинория, структурного элемента Адыча-Балыгычанского мегантиклинория, сочленяющихся по Чай-Юрьинскому глубинному разлому сложной кинематики. Глубинный разлом вытянут в северо-западном направлении и сопровождается в пределах Иньяли-Дебинского мега-синклинория одноимённой зоной смятия (ширина 4–6 км), которая охватывает большую часть бассейна р. Чай-Урьи и далее на юго-восток, ниже её устья, долину р. Берелёх. Чай-Юрьинский рудный узел входит в состав Берелёхского рудного района Иньяли-Дебинской рудной зоны Яно-Колымского металлогенического пояса (рис. 1) [3].

Разрывные нарушения в пределах Чай-Юрьинского рудного узла представлены, прежде всего, синккладчатыми, продольными разломами северо-западного простирания, сопровождающими Чай-Юрьинский глубинный разлом, а также сколовыми по отношению к нему – субмеридионального и субширотного простирания. Эти разломы имеют определяющее значение при формировании тектонических структур и играют основную роль в локализации оруденения; поперечные разломы северо-

восточного простирания непротяжённые, встречаются реже и являются второстепенными.

На площади Чай-Юрьинского рудного узла развиты терригенные и вулканогенные нижнеюрские отложения кадыкчанской свиты (аргиллиты, туфоаргиллиты, пепловые туфы, песчаники, туфопесчаники, прослой гравелитов), терригенные среднеюрские отложения мяунджинской свиты (флишоидное переслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов) и в небольшом объёме, на границе с Аян-Юрьинским антиклинорием, верхнетриасовые (песчаники, алевролиты, гравелиты).

Все осадочные породы прорваны дайками и мелкими интрузиями гранитов, гранит-порфиров, гранодиоритов, гранодиоритовых порфиритов, диоритов и диоритовых порфиритов, объединённых в нера-бохапчинский, басугуньинский и тас-кыстабытский комплексы поздней юры–раннего мела. Позднеюрский нера-бохапчинский комплекс (J_3nb) сложен преимущественно дайками диорит-порфиритов, отличающимися интенсивными метасоматическими преобразованиями. Басугуньинский гранодиорит-гранитовый (J_3b) комплекс распространён по периферии Чай-Юрьинской зоны разлома и объединяет дайки и дайкоподобные тела гранит-порфиров и гранодиоритов. Тас-кыстабытский комплекс (K_1tk) распространён в юго-западном крыле Чай-Юрьинского разлома и представлен мелкими телами и дайками гранит-порфиров (верховья руч. Случайный). С метасоматически изменёнными, березитизированными дайками нера-бохапчинского комплекса парагенетически связана золоторудная минерализация месторождения Шахтное и других проявлений Урьинского рудного поля. Как правило, первичный состав даек устанавливается по реликтовым структурам, а сами дайки почти нацело сложены вторичными минералами (кварц, альбит, серицит, карбонат, реже хлорит). Дайки имеют северо-западное, реже субмеридиональное и близширотное простирание, выполняют субвертикальные трещины в тектонически ослабленных зонах.

В Чай-Юрьинский рудный узел входят рудные поля Юное, Фролычское, Мяунджинское, исследуемое Урьинское рудное поле, а также прогнозируемые – Малютка, Бабай, Пльвун-Глубокий. Гидротермальные рудоносные образования представлены маломощными кварцевыми жилами и зонами кварцевого прожилкования либо изменёнными и минерализованными дайками диоритов, диоритовых порфиритов, сопровождаемых зонами

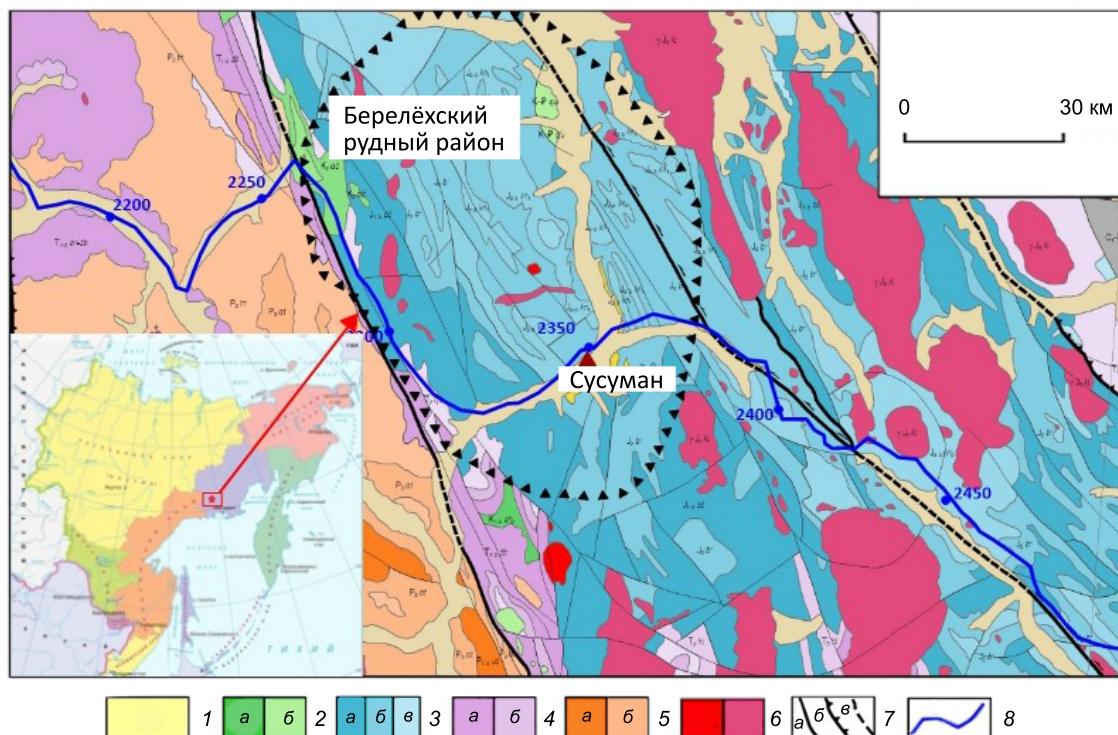


Рис. 1. Обзорная геологическая схема района исследований:

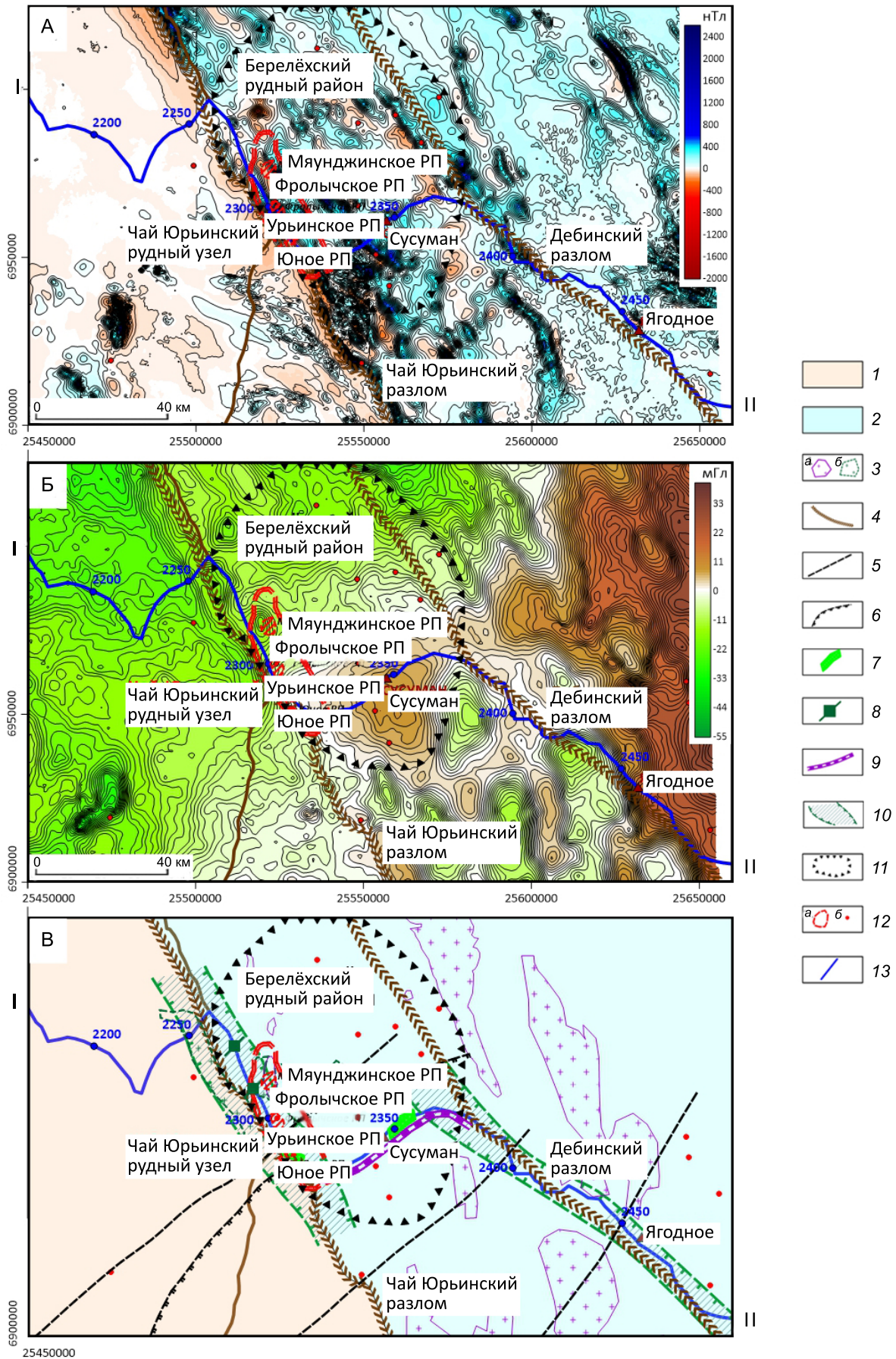
1 – голоцен–плейстоцен (Q): аллювиальные и техногенные галечники, пески, щебни; 2–5 – отложения: 2 – меловые (алевролиты, аргиллиты, песчаники): а – K_{1-2} , б – K_2 , 3 – юрские алевролиты, аргиллиты, песчаники, глинистые сланцы: а – J_{1-2} , б – J_2 , в – J_{2-3} , 4 – триасовые (песчаные алевролиты, аргиллиты, глинистые песчаники): а – T_{1-2} , б – T_3 , 5 – пермские (песчаные алевролиты, песчаники, гравелиты): а – P_{1-2} , б – P_3 ; б – Басугуньинский и Тас-Кыстабытский диорит-гранит-гранодиоритовые комплексы; 7 – разрывные нарушения: а, б – установленные в том числе надвижки (б), в – предполагаемые; 8 – опорный геофизический профиль 3-ДВ

смятия и дробления. Все известные в пределах рудного узла золоторудные месторождения и проявления относятся к малосульфидной золото кварцевой формации и связаны с гидротермальной деятельностью, сопровождавшей тектоногенез и магматизм позднеюрского–раннемелового возраста.

Урьинское рудное поле включает в себя рудопроявления Нижний и Верхний Власыч, Присковый и месторождение Шахтное. Вмещающие породы интенсивно преобразованы широко развитыми метаморфическими и метасоматическими процессами. Породы регионально-метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации (хлорит-серицитовая, стильпномелановая субфации), все последующие метаморфические изменения являются более поздними. Регионально-плутонические преобразования пород контролируются зонами Чай-Юрьинского разлома и сопровождаются кальцие-

во-железисто-магнезиальным метасоматозом, где минералами-индикаторами являются ильменит, кордиерит (или андалузит). Контактный метаморфизм, обусловленный внедрением интрузивных массивов, выделяется полями ороговикованных пород, которые фиксируют нескрытые интрузии. Динамометаморфические преобразования, интенсивно проявленные в зонах стрессового воздействия, имеют площадное развитие. В породах частично утрачивается первичная осадочная структура, отмечается перераспределение углеродистого вещества, миграция его в плоскости сланцеватости и переотложение совместно с гидрослюдами, серицитом, биотитом (стильпномеланом).

Месторождение Шахтное на рассматриваемой площади является наиболее представительным золоторудным объектом дайкового типа. Рудоносными зонами служат субпараллельно расположенные



дайки диорит-порфиристов, пересекающиеся мощной тектонической зоной. Общее простирание даек северо-западное, близкое, совпадающее с простиранием осадочных пород. Дайки метасоматически преобразованы от слабо- до полнопроявленных березитов, обогащены жилами и прожилками кварцевого, альбит-кварцевого, карбонат-кварцевого состава и импрегнированы сульфидами. Основные рудные минералы на месторождении – пирит и арсенопирит. Наименее распространены галенит, халькопирит, пирротин и марказит. Количество сульфидов варьирует от единичных знаков до 8 % (при среднем показателе 4 %). Золото встречается как в свободном состоянии, так и в виде тонкой вкрапленности в сульфидах, распределено крайне неравномерно и напрямую зависит от содержания кварцево-жильной минерализации. Вмещающие породы представлены березитизированными аргиллитами и углистыми аргиллитами с редкими прослоями алевролитов и песчаников [4].

Геофизические исследования и их интерпретация. Анализ различных трансформаций магнитного (МП), гравитационного (ГП) масштаба 1 : 200 000, сейсмического и геоэлектрического масштаба 1 : 1 000 000 полей на исследуемой территории позволяет сформулировать основные глубинные прогнозные критерии рудоносных площадей.

Основные региональные критерии на примере Берелёхского рудного района (рисунки 2, 3, 4):

1. Ключевым тектоническим элементом является Чай-Юрьинский разлом глубинного заложения, сопровождающийся участками интенсивного смятия и дробления. Он уверенно идентифицируется зонами значительных градиентов магнитного и гравитационного полей, отчётливо прослеживается линиями нарушения корреляции и сменой характера поля эксцесса и асимметрии магнитного поля. Статистические характеристики магнитного поля – дисперсия, асимметрия и экс-

цесс – определяют зону (полосу) влияния Чай-Юрьинского разлома. Данный критерий прогноза золоторуденения можно отнести как к формированию рудного района, так и рудных узлов, примыкающих к разлому.

2. Кольцевая региональная зона градиента гравитационного поля, обусловленная областью повышенной проницаемости земной коры, соответствует глубинным разломам коромантийного заложения и разделяет в пределах средней–верхней коры блоки различных (предположительно мафического и сиалического) составов. Зона подчёркивается линейными и дугообразными локальными аномалиями повышенной дисперсии и эксцесса ГП, уверенно прослеживается на плане региональной составляющей ГП, что указывает на глубинный и «глобальный» характер контакта различных по составу блоков.

3. Следующим критерием являются разрывы сплошности поверхности границы Мохо или мантийные «окна» и увязываемые с ними вертикальные мантийные осложнения, интерпретируемые как участки транзита мантийных магм в земную кору.

4. Зоны мантийных разломов, выделяемые в разрезах по сейсмическим данным между погружениями и поднятиями границы Мохо, интерпретируются как возможные пути флюидных потоков в земную кору.

5. Ареалы деструкции земной коры, фиксирующиеся на сейсмическом разрезе областью повышенной однородности волнового поля, обусловлены проработкой коры мантийными магмами.

6. Электропроводящие зоны, определённые по геоэлектрическим данным, уходящие в мантию, соответствуют крупным разломам, которые в период тектонической активности служили каналами для транзита мантийных расплавов, флюидов и рудных компонентов из верхнемантийного

Рис. 2. Планы изолиний магнитного (А) и гравитационного (Б) полей масштаба 1 : 200 000, схема региональных критериев прогноза золоторудных месторождений (В):

1–2 – блоки: 1 – Аян-Юряхский и 2 – Иньяли-Дебинский; 3 – гранитоиды: а – выходящие на поверхность, б – не вскрытые эрозией; 4 – разломы глубинного заложения (Чай-Юрьинский и Дебинский); 5 – разрывные нарушения северо-восточного простирания; 6 – граница региональной проницаемости земной коры (12–15 км); 7–9 – проекции на линию профиля: 7 – областей разрыва поверхности Мохо (по данным сейсморазведки), 8 – границ ступеней (поднятий, погружений) поверхности Мохо (по данным сейсморазведки), 9 – области значительной проработки (повышенной изотропности) земной коры на всю её мощность (по данным сейсморазведки); 10 – зоны Чай-Юрьинского и Дебинского разломов (по геоэлектрическим данным); 11 – Берелёхский рудный район; 12 – Чай-Юрьинский рудный узел (а), золоторудные месторождения и рудопроявления (б); 13 – геофизический профиль 3 ДВ

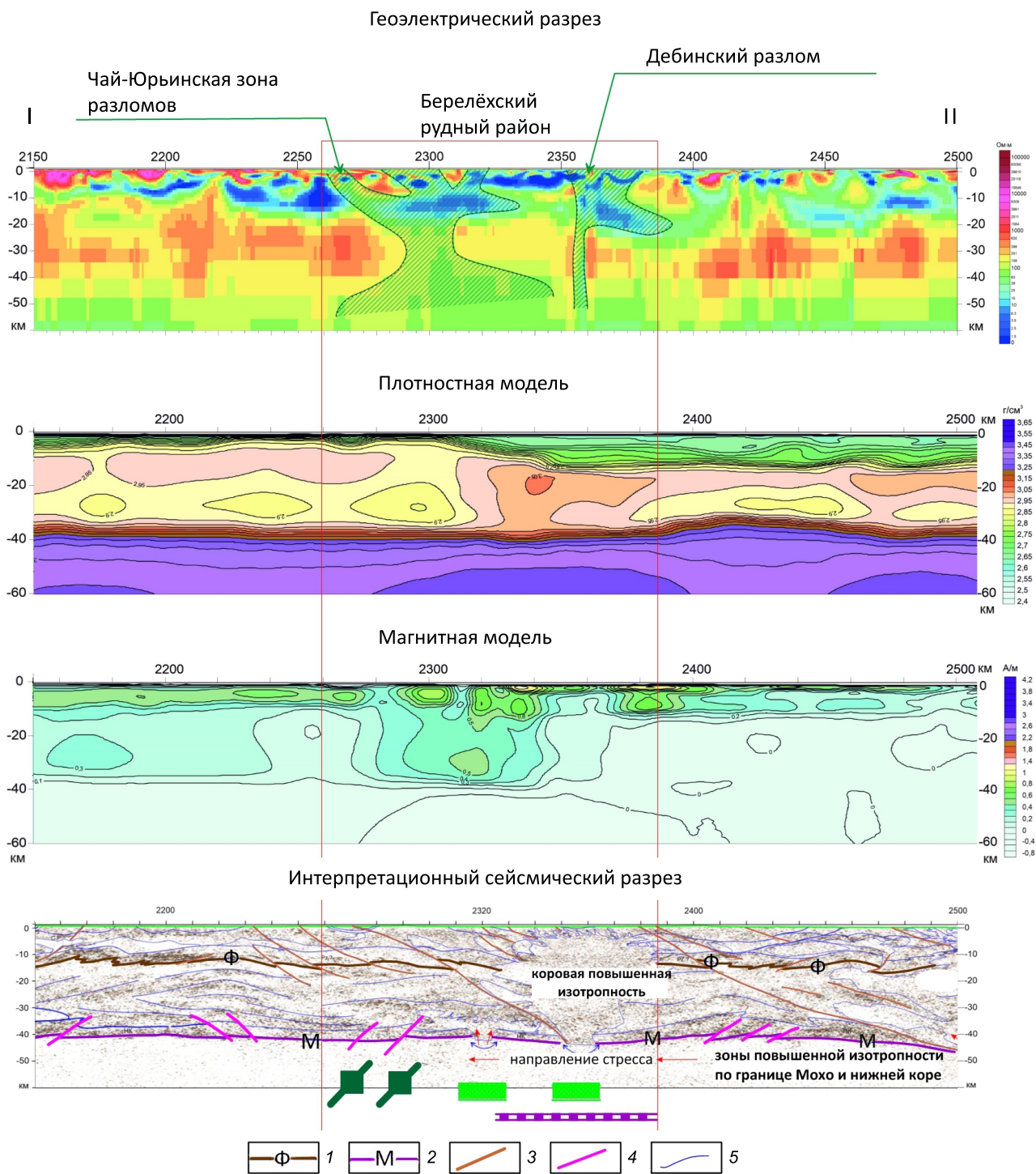


Рис. 3. Геофизические разрезы по фрагменту профиля 3 ДВ, масштаб 1 : 1 000 000 [6]:

1 – поверхность фундамента (граница Φ); 2 – поверхность верхней мантии (граница М); 3–4 – разломы: 3 – коровые, 4 – мантийные; 5 – прочие границы; остальные услов. обозн. см. к рис. 2

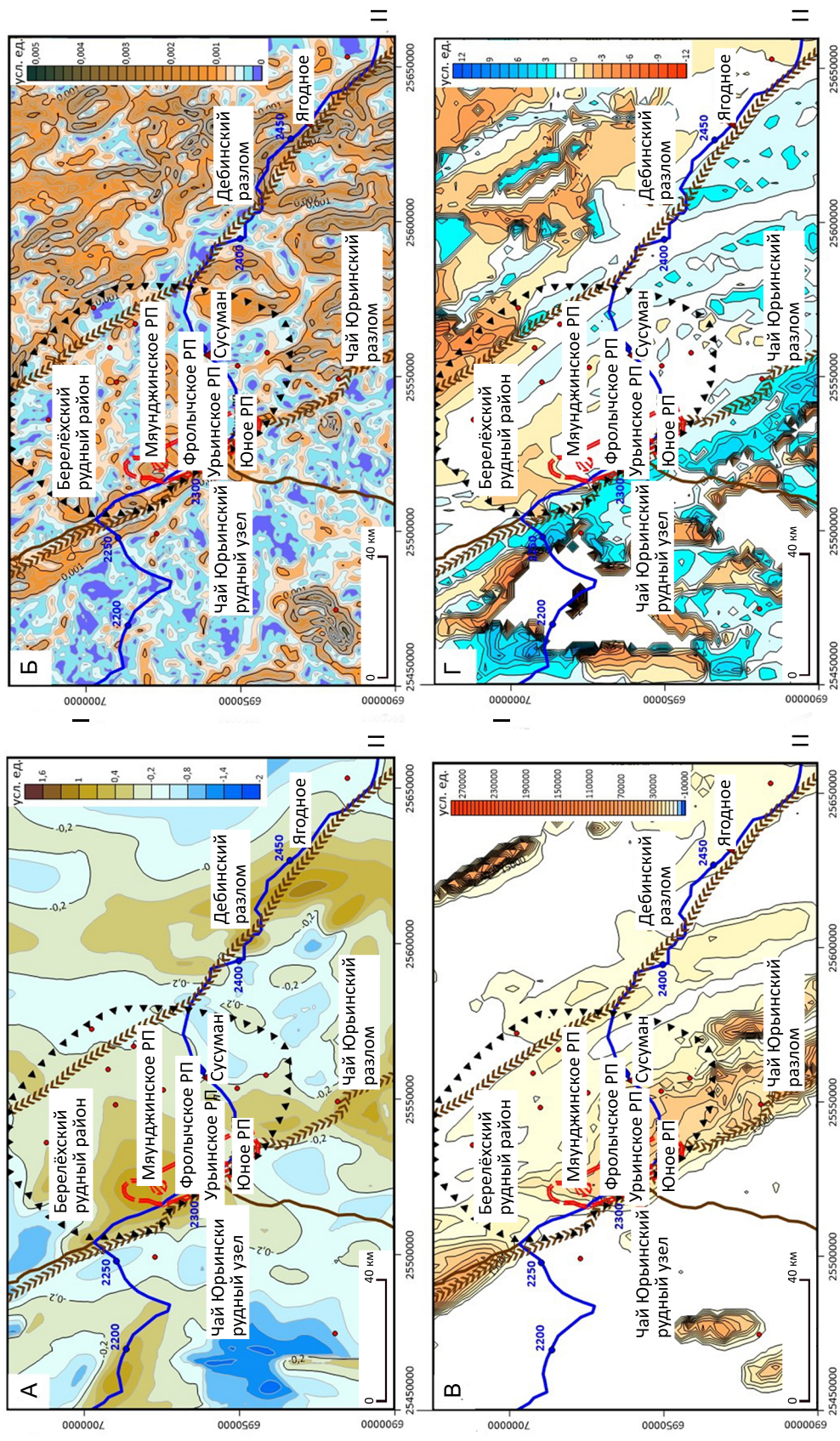


Рис. 4. Планы изолиний асимметрии (А) и градиента (Б) гравитационного поля, дисперсии (В) и асимметрии (Г) магнитного поля:

I–II – геофизический профиль 3 ДВ; остальные услов. обозн. см. к рис. 2

пространства. Транскоровые разломы трактуются как источники переноса мантийных магм в земную кору. Выделяемые зоны являются в том числе глубинным проявлением Чай-Юрьинского разлома.

7. В трансформантах гравитационного поля рудный район отображается положительными аномалиями асимметрии (0,2–0,8 усл. ед.) и областями минимальных значений градиента (менее 0,0004 усл. ед.). В трансформантах магнитного поля территория характеризуется повышенными значениями дисперсии (5000–20 000 усл. ед.) и нулевым значением асимметрии (см. рис. 4).

Значительная часть указанных критериев (см. пункты 2–4, 6) согласуется с ранее проведенными исследованиями [2]. Кроме того, отмечается, что каждый рудный район имеет свои уникальные критерии глубинного прогноза перспективных территорий. Однако существуют и основные универсальные критерии, которые характерны не только для Берелёхского (см. пункты 1–5), но и, например, для соседнего Среднекано-Штурмовского рудного района, где роль Чай-Юрьинского разлома играет Дебинский глубинный разлом.

Установленные критерии на примере Чай-Юрьинского рудного узла (рис. 5):

1. Наиболее перспективными на обнаружение золоторудной минерализации могут являться над-апикальные зоны нескрытых эрозией гранитных массивов, отражающиеся отрицательными локальными аномалиями силы тяжести.

2. Зоны пирротинизации терригенных пород, а также малые и средние интрузивные тела, фиксируемые линейными положительными аномалиями магнитного поля, служат благоприятной вмещающей средой для формирования золото кварцевого оруденения.

3. Наличие в разрезе на глубинах 10–20 км крупных очагов повышенной проводимости (литосферный проводящий слой), сопровождающихся проводящими геоэлектрическими каналами вплоть до земной поверхности. Существует некая единая система тепломассопереноса, которая представляется в геоэлектрическом разрезе в виде взаимосвязанной структуры: верхнемантийный проводящий слой – коровый проводящий слой – субвертикальные проводящие зоны. В рамках этой системы имеются механизмы формирования условий, способствующие образованию геологической среды, перспективной для концентрации рудной минерализации.

4. Узлы пересечения Чай-Юрьинского разлома и сопровождающих его субпараллельных разло-

мов северо-западного простирания с поперечными северо-восточными и субмеридиональными разрывами, фиксирующиеся линиями нарушения корреляции аномалий магнитного, гравитационного полей и их трансформантов. Именно к узлам пересечения приурочены все известные (Мяунджинское, Фролычское, Урьинское, Юное) и прогнозируемые (Малютка, Бабай, Плывун-Глубокий) рудные поля.

5. Большая часть крупных и средних месторождений золота приурочена к обширным слабоградиентным и положительным аномалиям гравитационного поля. Эти аномалии соответствуют блокам терригенных пород, локализованным в краевых частях гранитных массивов или на некотором удалении от них. Повышенная плотность этих блоков, создающая благоприятные условия для формирования рудных тел золото-кварцевой и золотосульфидно-кварцевой формаций, связана с базификацией горных пород.

Следует отметить, что ряд из указанных критериев характерен и для иных рудных узлов, расположенных как в пределах Иньяли-Дебинской (Ат-Уряхский, Штурмовской, Оротуканский), так и Аян-Юряхской рудных зон (Тенькинский, Пионерский, Дегдеканский и др.) Яно-Колымского металлогенического пояса. Это прежде всего наличие рудогенерирующих глубинных разломов корового заложения северо-западного простирания, которые фиксируются зоной проводимости, и узлы их пересечения с северо-восточными разрывами.

Локальные критерии на уровне рудного поля Урьинское (рис. 6):

1. Рудное поле локализовано в зоне пересечения глубинного Чай-Юрьинского разлома северо-западного простирания, с поперечным скрытым разрывным нарушением северо-восточного простирания и приурочено к экзоконтактовой части нескрытого интрузивного тела, обогащённой потенциально рудолокализирующими дайковыми телами, проявляющимися локальными низкоамплитудными положительными аномалиями магнитного (масштаб 1 : 10 000) поля (интенсивностью от 2 до 30 нТл).

2. Площадь Урьинского рудного поля характеризуется зональным строением (см. рис. 5). В северо-западной части прогнозируются нескрытые малые интрузивные тела рудогенерирующего нерабохалчинского комплекса, определяемые по локальным выходам диорит-порфиритовых даек и ореолу ороговикования (биотит, зачаточная форма

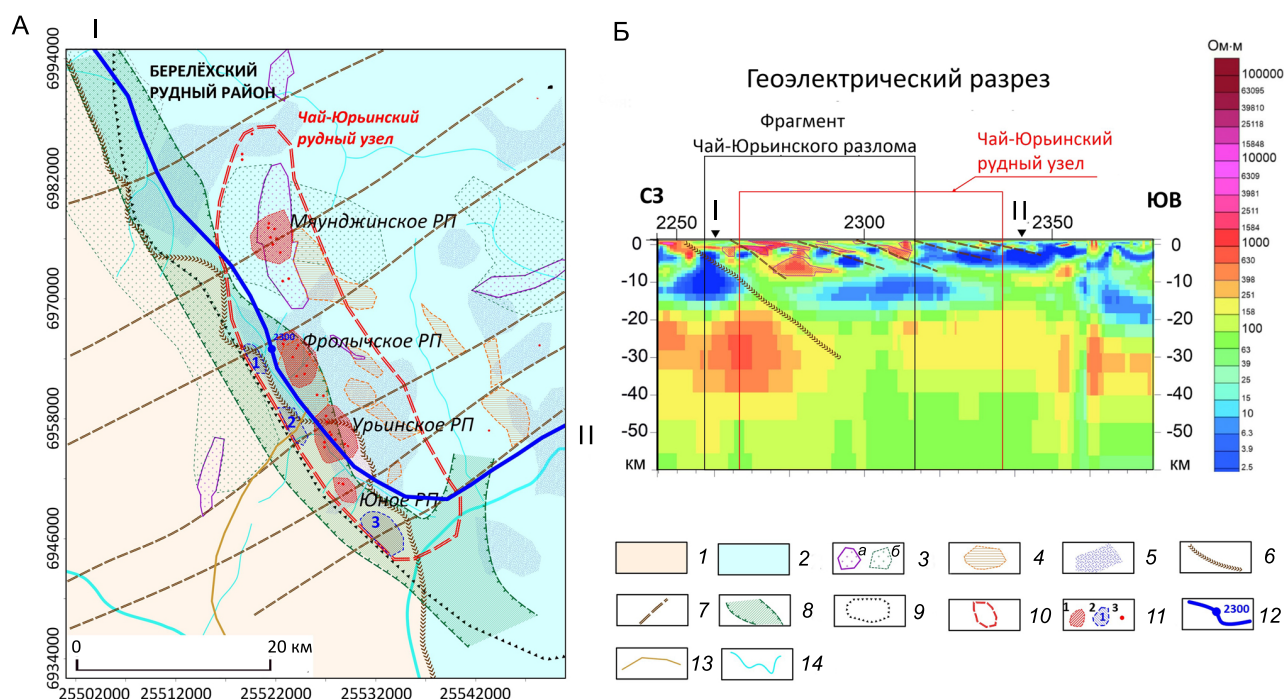


Рис. 5. Схема интерпретации геофизических данных (А) и геоэлектрический разрез по профилю 3 ДВ (Б):

1–2 – блоки: 1 – Аян-Юряхский и 2 – Иньяли-Дебинский; 3 – гранитоиды: а – выходящие на поверхность, б – не вскрытые эрозией; 4–5 – зоны: 4 – трещиноватости и рассланцевания, насыщенные пирротиновой минерализацией, 5 – базификации терригенных пород; 6 – Чай-Юрьинский глубинный разлом; 7 – разрывные нарушения северо-восточного простирания; 8 – мощные разломы коромантийного заложения; 9 – Берелёхский рудный район; 10 – Чай-Юрьинский рудный узел; 11 – рудные поля (1), прогнозируемые золоторудные поля (2), золоторудные месторождения и рудопроявления (3); 12 – геофизический профиль 3 ДВ; 13 – федеральная автомобильная дорога Р-504 «Колыма»; 14 – реки Аян-Юрях, Берелёх

кордиерита). Они определяются областью положительного магнитного поля напряжённостью от 40 до 1300 нТл и ареалом значений дисперсии аномального магнитного поля свыше 10 000 усл. ед.

В юго-восточной части расположена экзоконтактовая зона, сложенная дислокационно-метаморфизованными милонитизированными березитами, интенсивно рассланцованными метасоматически изменёнными кварцевыми диорит-порфиридами и тектонитами. Развитие березитов контролируется системой кварцевых прожилков и жил с рудной минерализацией [7]. Данная область характеризуется отрицательным магнитным полем напряжённостью от -5 до -200 нТл и значениями дисперсии аномального магнитного поля в диапазоне от 100 до 10 000 усл. ед. Основные рудные

объекты (в том числе месторождение Шахтное) расположены здесь же в пределах участков развития динамометаморфизованных березитов с наложенной сульфидно-жильной минерализацией. По мере удаления от интрузивного тела на юго-восток наблюдается затухание процессов милонитизации и катаклаза. Эти участки отличаются отрицательными значениями магнитного поля в широком диапазоне от 0 до -200 нТл и дисперсией аномального магнитного поля в диапазоне от 10 до 100 усл. ед.

Критерии, ограниченные на уровне месторождения (рис. 7).

1. Рудоносные зоны – березитизированные дайки приурочены к зонам градиента удельного электрического сопротивления и вызванной поляризации, полученным в процессе работ методом электро-

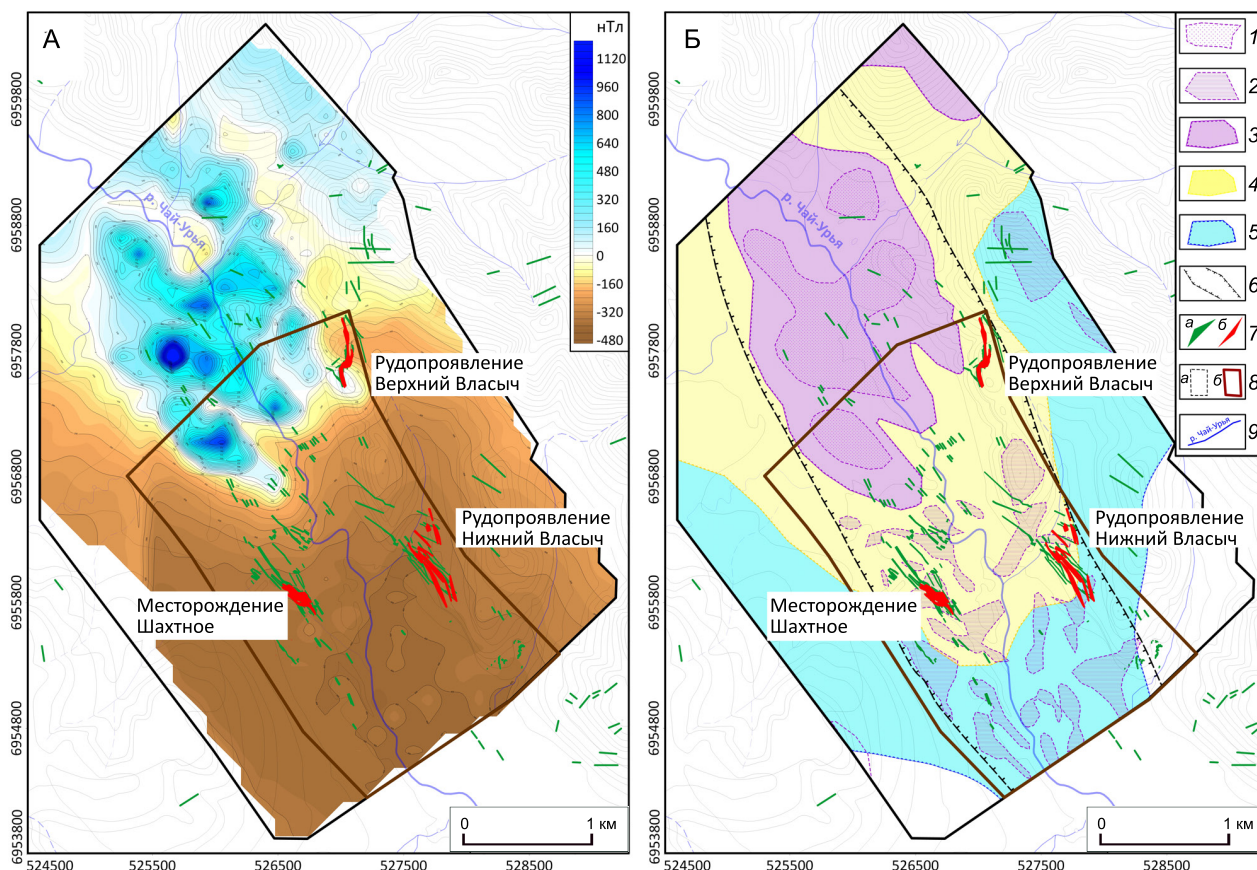


Рис. 6. План изолиний аномального магнитного поля масштаба 1 : 10 000 (А), схема интерпретации магниторазведочных данных (Б) территории Урьинского рудного поля:

1 – малые дайкообразные интрузивные тела, не вскрытые эрозией; 2 – дайки среднего состава, частично вскрытые эрозией; 3–5 – ореол: 3 – ороговикованных пород, 4 – дислокационно-метаморфизованных милонитизированных березитизированных пород, 5 – неизменённых пород; 6 – зона Чай-Юрьинского глубинного разлома; 7 – рудоносные дайки (а) и зоны прожилково-жильного окварцевания (б); 8 – площади магниторазведочных масштаба 1 : 10 000 (Урьинское рудное поле) работ (А) и детальных электроразведочных масштаба 1 : 5000 (месторождение Шахтное) исследований (Б); 9 – реки

профилирования срединного градиента (СГ-ВП) в масштабе 1 : 5000 (см. рис. 6 А, Б).

2. Рои рудоносных даек уверенно фиксируются аномалиями трансформант параметра УЭС – эксцесса, асимметрии и регрессии.

3. По параметрам УЭС и ВП рудоносные зоны отличаются определённым составом классов, что указывает на их значительные отличия петрофизических свойств относительно окружающей геологической среды (см. таблицу).

Рудоконтролирующие структуры (классы 6–11) характеризуются аномально высокими значениями среднего удельного сопротивления и его дисперсии по сравнению с вмещающими породами

(классы 1–5). Данные вызванной поляризации в целом подтверждают эту тенденцию, демонстрируя относительно повышенные значения параметра и его вариативности в пределах этих структур. Наблюдаемые геофизические аномалии являются следствием интенсивных гидротермально-метасоматических процессов, обусловленных сочетанием локального магматогенного и регионального динамометаморфического воздействия.

Также указанные факты можно аргументировать наличием литологических и магматических факторов, благоприятных для формирования оруденения. Литологический контроль выражается в приуроченности золотого оруденения к кварцевым

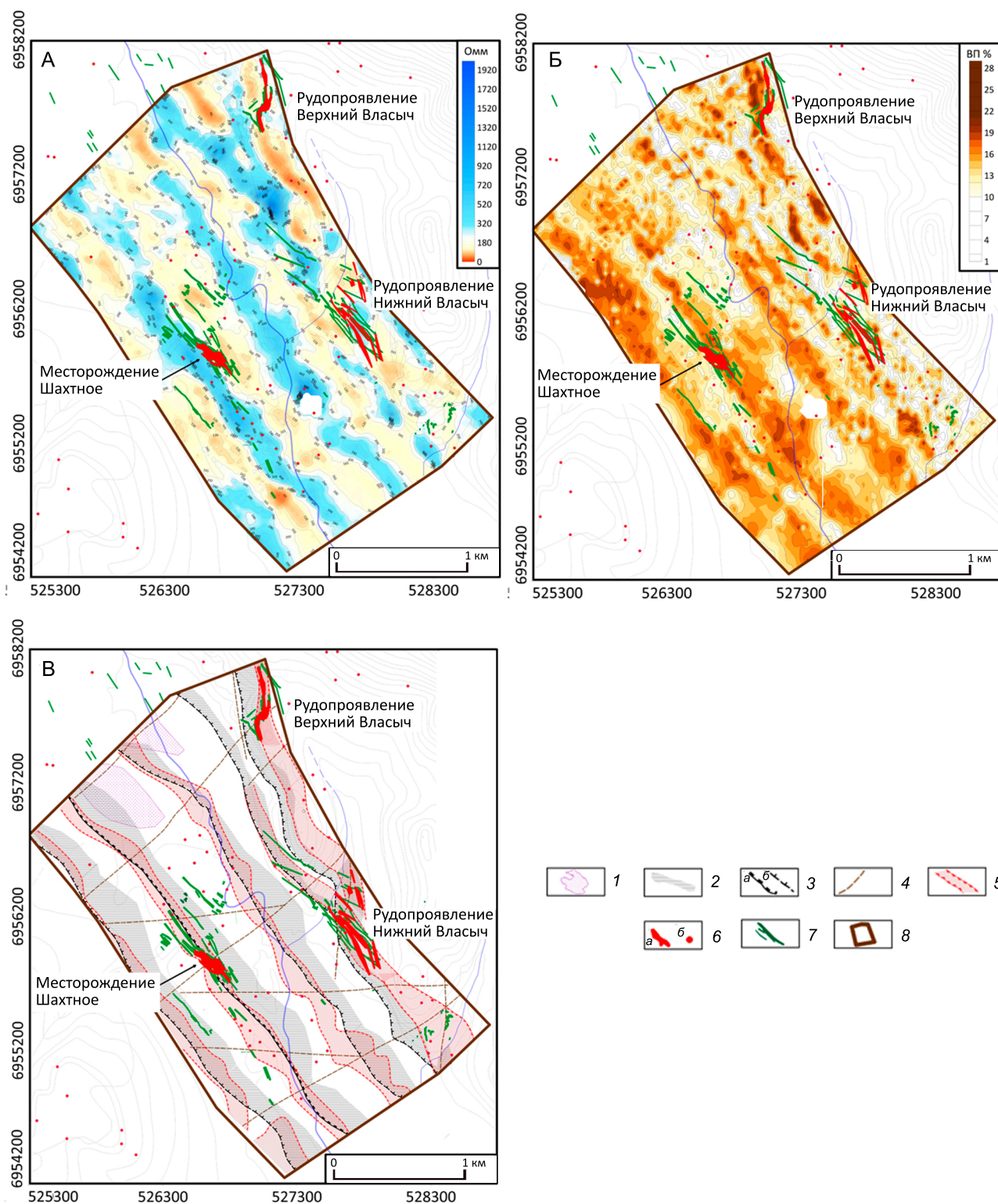


Рис. 7. Планы изолиний удельного сопротивления (А), вызванной поляризации (Б) и схема интерпретации геофизических данных (В). Исследования СГ-ВП проведены в масштабе 1 : 5000:

1 – малые интрузивные тела с ореолом контактово-изменённых пород, локальные высокоинтенсивные (до 700 нТл) аномалии магнитного поля; 2 – толщи (слои, пачки) углеродистых сланцев, зоны смятия, дробления, линейные локальные аномалии ВП и низкого УЭС; 3 – элементы разрывной тектоники, связанные с зоной Чай-Юрьинского разлома, основной шов (а) и его оперяющие разломы второго порядка (б); 4 – прочие разрывные нарушения; 5 – потенциально рудоносные зоны; 6 – зоны рудной жильково-жилковой минерализации в дайках (а), точки рудной минерализации (б); 7 – дайки; 8 – контур работ методом электропрофилирования (масштаб 1 : 5000)

Таблица. Классы средних значений удельного электрического сопротивления (УЭС) и вызванной поляризации (ВП)

Классы	Характеристика	Среднее УЭС (Ом·м)	Средние вариации УЭС	Среднее ВП (%)	Средние вариации ВП
1–5	Вмещающие горные породы	109	31	10,2	0,87
6–11	Рудолокализирующие структуры	352	63	10,8	1,44

прожилково-жилным зонам, локализованным преимущественно в дайках. Наиболее богатым является оруденение с содержанием кварцевого материала более 10 % и с включением сульфидной минерализации (2–5 %). При неоднократных тектонических процессах тела даек преобразуются и становятся более проницаемыми для гидротермальных растворов относительно вмещающих алевроглинистых пород, что создаёт благоприятные условия для интенсивного рудоотложения, проявляющегося в окварцевании и сульфидизации [6].

Магматический контроль заключается в том, что интрузивные тела (штоки и крутопадающие дайки), обладая большей хрупкостью по сравнению с вмещающими породами, функционируют как основные рудоподводящие каналы. В соответствии с исследованиями Ю. А. Билибина дайковые породы, как более компетентные в песчано-сланцевой толще, являются природными коллекторами для значительной части золотой минерализации Центральной Колымы [1].

Заключение. На основе анализа и обработки геофизических данных, включая архивные, опубликованные и собственные материалы, авторами на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района разработана иерархическая система геолого-геофизических критериев для прогнозирования золоторудных месторождений на разных уровнях: рудный район, рудный узел, рудное поле и месторождение. Установленные ключевые критерии применимы к большинству перспективных площадей Центрально-Колымского региона и выявляемы геофизическими методами.

Выделены ключевые критерии, применимые к большинству перспективных площадей региона и выявляемые геофизическими методами.

Для рудного района – это глубинные разломы, достигающие мантии, разрывы в поверхности Мохо (мантийные «окна») и, как следствие, нарушение целостности земной коры.

Для рудного узла – рудогенерирующий разлом в пределах коры, зоны базификации в средней и верхней коре, а также зоны пирротинизации в верхней части разреза.

Для рудного поля – зоны пересечения рудогенерирующего разлома с поперечными разломами меньшего масштаба, расположенные вблизи контактов интрузий или над ними и насыщенные дайками, потенциально контролирующими рудолокализацию.

Месторождение, представленное рудоносными дайками, отличается резкими изменениями физических свойств.

Совокупность ряда глубинных (транскоровые разломы, мантийные окна, ареалы деструкции земной коры) и локальных (экзоконтактовые и над-апикальные зоны, в том числе нескрытых эрозией гранитных массивов, узлы пересечения северо-западных рудогенерирующих и северо-восточных рудоконтролирующих разломов) критериев присуща рудоносным площадям с весьма крупными запасами золота. Диагностика и выявление указанных критериев на других перспективных площадях могут найти успешное применение при прогнозировании золото-кварцевого оруденения дайкового морфологического типа. Серии сближенных даек, создающие рудонесущие зоны, уверенно отображаются аномалиями УЭС и ВП, подчёркивая границы распространения рудных тел месторождения.

В пределах исследуемой территории добыто около 300 тонн исключительно россыпного золота, что указывает на достаточно высокий потенциал источника рудного золота. Наличие уникальных объёмов добытого россыпного золота возводит выявленные признаки в ранг необходимых (благоприятных) для прочих площадей.

Авторы выражают благодарность руководству ООО «Золотодобывающая Корпорация» за возможность проведения полевых работ на исследуемой площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю. А. Избранные труды: в 4-х томах. Т. 3. – М. : Издательство АН СССР, 1961. – 518 с.
2. Гайдай Н. К., Хасанов И. М., Горячев Н. А., Гошко Е. Ю. Структурные особенности глубинного строения Юго-Востока Яно-Колымского орогенного пояса (по результатам комплексных геофизических данных) // Геодинамика и тектонофизика. – 2020. – 11 (4). – С. 697–709. – DOI: 10.5800/GT-2020-11-4-0501.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России : в 2-х книгах. Кн. 1 / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – 572 с.
4. Михалицына Т. И., Фомина М. И. Петрографический и минераграфический составы пород и руд Урьинского рудного поля (Берелёхский рудный район, Северо-Восток России) // Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». – 2025. – № 1. – С. 23–42. – DOI : <https://doi.org/10.25587/2587-8751-2025-1-23-42>.
5. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М. : Недра, 2011. – 112 с.
6. Хасанов И. М., Михалицына Т. И., Макарова Д. В. Особенности проявления рудных систем в геофизических полях в зоне влияния Чай-Юрьинского глубинного разлома (Центрально-Колымский регион) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2025. – № 2. – С. 3–18.
7. Хасанов И. М., Михалицына Т. И., Муравьев Л. А., Макарова Д. В. Использование методологии трансформации геофизических полей при изучении рудных систем дайкового типа в зоне влияния Чай-Юрьинского глубинного разлома // Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». – 2024. – № 2 (34). – С. 25–34.

REFERENCES

1. Bilibin Yu. A. Izbrannyye trudy: v 4-kh tomakh. T. 3 [Selected Works: in 4 volumes. Vol. 3], Moscow, AN SSSR publ., 1961, 518 p. (In Russ.)
2. Gayday N. K., Khasanov I. M., Goryachev N. A., Goshko Ye. Yu. Strukturnyye osobennosti glubinnogo stroyeniya Yugo-Vostoka Yano-Kolymnskogo orogenogo poyasa (po rezultatam kompleksnykh geofizicheskikh dannykh) [Structural features of the deep structure of the southeast of the Yana-Kolyma orogenic belt (based on the results of complex geophysical data)], Geodinamika i tektonofizika, 2020, 11 (4), pp. 697–709, DOI: 10.5800/GT-2020-11-4-0501. (In Russ.)
3. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii: v 2-kh knigakh. Kn. 1 [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia: in 2 books. Book 1], ed. A. I. Khanchuk, Vladivostok, Dalnauka publ., 2006, 572 p. (In Russ.)
4. Mikhailitsyna T. I., Fomina M. I. Petrograficheskiy i mineragraficheskiy sostavy porod i rud Urinskogo rudnogo polya (Berelokhskiy rudnyy rayon, Severo-Vostok Rossii) [Petrographic and mineragraphic compositions of rocks and ores of the Urinsky ore field (Berelyokhsky ore region, North-East of Russia)], Vestnik SVFU. Seriya "Nauki o Zemle", 2025, No. 1, pp. 23–42, DOI: <https://doi.org/10.25587/2587-8751-2025-1-23-42>. (In Russ.)
5. Nikitin A. A. Teoreticheskiye osnovy obrabotki geofizicheskoy informatsii [Theoretical foundations of processing geophysical information], Moscow, Nedra publ., 2011, 112 p. (In Russ.)
6. Khasanov I. M., Mikhailitsyna T. I., Makarova D. V. Osobennosti proyavleniya rudnykh sistem v geofizicheskikh polyakh v zone vliyaniya Chay-Yurinskogo glubinnogo razloma (Tsentralno-Kolymskiy region) [Features of the manifestation of ore systems in geophysical fields in the influence zone of the Chai-Yuryinsky deep fault (Central Kolyma region)], Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN, 2025, No. 2, pp. 3–18. (In Russ.)
7. Khasanov I. M., Mikhailitsyna T. I., Muravyev L. A., Makarova D. V. Ispolzovaniye metodologii transformatsii geofizicheskikh poley pri izuchenii rudnykh sistem daykovogo tipa v zone vliyaniya Chay-Yurinskogo glubinnogo razloma [Use of the methodology of transformation of geophysical fields in the study of ore systems of the dike type in the influence zone of the Chai-Yuryinsky deep fault], Vestnik SVFU. Seriya "Nauki o Zemle", 2024, No. 2 (34), pp. 25–34. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 28.07.25; одобрена после рецензирования 17.12.25; принята к публикации 17.12.25.
The article was submitted 28.07.25; approved after reviewing 17.12.25; accepted for publication 17.12.25

Методические основы использования нетрадиционных индикаторных минералов кимберлитов при шлихоминералогических поисках месторождений алмаза

Аннотация. Сформулированы основные диагностические признаки флогопитов, хлоритов и серпентинов в кимберлитах, для которых разработан оптимальный комплекс методов исследований. Серпентиновые минералы в основной массе кимберлитов распределены наиболее равномерно. Для кимберлитов Сибирской платформы наиболее типичными являются серпентин-кальцитовые, кальцит-серпентиновые, доломит-серпентин-кальцитовые и хлорит-серпентиновые ассоциации, встречающиеся во всех изученных диатремах. Хлоритизация флогопитов зависит от типов кимберлитов и степени их постмагматических и гипергенных преобразований. Изменение кимберлитов сопровождается перераспределением ассоциаций вторичных минералов, что выявлено при анализе различных типов пород кимберлитовых трубок. Установленные особенности минералов основной массы кимберлитов позволяют сравнивать обломки пород, обнаруженных во вторичных осадочных коллекторах, повышая эффективность проводимых геолого-поисковых работ.

Ключевые слова: вторичные минералы, Сибирская платформа, постмагматические и гипергенные изменения.

ЗИНЧУК НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, nnzinchuk@rambler.ru

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Мирный

Methodological principles for application of “unconventional” indicator minerals of kimberlites during the heavy mineral concentrate – mineralogical prospecting for diamond deposits

N. N. ZINCHUK

West Yakutian Scientific Center (ZYaNTs) of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Mirny

Abstract. The main diagnostic features of kimberlite-related phlogopites, chlorites, and serpentines are formulated, for which an optimal set of research methods has been developed. Serpentine minerals are distributed most evenly in the groundmass of kimberlites. The most typical for kimberlites of the Siberian Platform are serpentine-calcite, calcite-serpentine, dolomite-serpentine-calcite, and chlorite-serpentine assemblages found in all the diatremes studied. Chloritization of the phlogopites depends on the kimberlite types and the degree of their postmagmatic and supergene transformations. The kimberlite transformations are accompanied by a redistribution of the secondary mineral assemblages, which were revealed by analysis of various rock types within the kimberlite pipes. The established features of the minerals in the groundmass of the kimberlites allow for comparison of the rock fragments found in secondary sedimentary collectors, which increases the effectiveness of the geological exploration.

Key words: secondary minerals, Siberian Platform, post-magmatic and supergene alterations.

Введение. Ранее проведёнными исследованиями показано [11, 14–16, 18, 22–24], что в кимберлитовых породах диагностировано более шестидесяти вторичных минералов, среди которых около двадцати встречаются в виде хорошо образованных кристаллов. Охарактеризованы наиболее распростра-

нённые ассоциации новообразований в кимберлитах, а также процессы серпентинизации, карбонатизации, хлоритизации и бруситизации, имеющие индивидуальный характер в каждой диатреме. Приведённые при этом характерные свойства вторичных минералов позволяют уверенно их

диагностировать в кимберлитах как в отдельных выделениях, так и новообразованиях. Весомый вклад в изучение процессов образования вторичных минералов в кимберлитах в различные годы внесли исследователи под руководством Б. П. Антоныка, С. А. Бабушкиной, А. Т. Бондаренко, М. Д. Братуся, В. К. Гаранина, А. И. Горшкова, Б. П. Градусова, О. Е. Ковальчука, Д. Д. Котельникова, В. П. Корниловой, Л. Е. Костиной, Г. П. Кудрявцевой, Л. В. Лисковой, М. А. Мальцевой, С. С. Мацюка, Ю. М. Мельника, Л. В. Никишовой, Г. И. Смирнова, С. В. Соколовой, В. Н. Соколова, Ю. Б. Стегницкого, В. Г. Хитрова, В. А. Хмелевского, В. Г. Шлыкова, А. Д. Харьковича и др. Результаты исследований учитывались при сравнительной характеристике полученных нами материалов. Сложность и контрастность минералогического облика кимберлитовых пород в значительной степени обусловлены распространением комплекса вторичных минералов, являющихся пороодообразующими [12, 13, 17, 19, 20]. Среди многообразия идентифицированных вторичных минералов доминирующими являются карбонаты (кальцит, доломит и пироаурит), серпентины и слюды (флогопит и продукт его изменения хлорит). Учитывая относительную устойчивость в гипергенных условиях и при переотложении в бассейны седиментации, реально поисковое значение имеют слюды и серпентины [1–5, 25–27].

Диагностические признаки слюд, хлоритов и серпентинов из кимберлитов и аналитические методы их исследований. В кимберлитовых породах *слюды* представлены флогопитом магматического и постмагматического происхождения. Неизменённый *флогопит* в смеси с другими кимберлитовыми минералами диагностируется по свободному от наложений набору рефлексов $d = 0,9830–1,0308, 0,3680–0,3990, 0,25156–0,25460, 0,20183–0,20286$ нм. В пневматолитово-гидротермально изменённых кимберлитах Сибирской (СП), Восточно-Европейской (ВЕП) и Южно-Африканской (ЮАП) платформ возможно присутствие гидрослюды, которая в отличие от флогопита имеет более широкие базальные рефлексы; межплоскостное расстояние первого превышает 1,01 нм, форма которого нередко имеет асимметричный вид. Довольно часто присутствует второй порядок отражения в области $d \sim 0,5$ нм. Электронографические исследования позволяют выявить магматическое или гидротермальное происхождение флогопита. Первые имеют политип $1M$, а последние $1M + 2M_1$ [28–30, 39–42]. В неизменённом флогопите, по данным термогра-

фических исследований, при $T = 1100–1200$ °C происходит выделение конституционной воды, чем он отличается от мусковита, у которого дегидратация происходит при более низких температурах $800–1000$ °C, и от биотита, имеющего экзотермический эффект при $T = 600–900$ °C, связанный с окислением железа. Химический состав флогопитов из кимберлитов изменяется в пределах следующих изоморфных замещений [6–10, 31–34]: тетраэдрические катионы $Al^{3+} \leftrightarrow Fe^{3+}$; октаэдрические катионы $Mg \leftrightarrow Fe^{2+}$, Mn^{2+} , Ti^{+} , Cr^{3+} ; межпакетные катионы $K^{+} \leftrightarrow Na^{+}$, Ca. ИК-спектры поглощения флогопитов анализируются в области $3750–3000$ cm^{-1} по полосам N ($3422–3632$ cm^{-1}), I ($3672–3572$ cm^{-1}), V ($3622–3454$ cm^{-1}) и W ($3563–3124$ cm^{-1}), которые соответствуют валентным колебаниям группы OH, координированной различными группировками катионов Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ti^{+} , вакансиями и молекулярной воды [35–38, 40–42].

Хлорит в кимберлитах образуется в зоне слабого водообмена и в условиях восстановительной среды, характеризующейся избытком Mg^{2+} , который возникает за счёт основной массы кимберлитовых пород, где в большом количестве присутствует серпентин. В этих условиях происходит преобразование флогопита в магнезиальный хлорит, которое является твердофазовым переходом [12, 16, 20, 21]. В процессе структурного превращения вторичный хлорит унаследует в общих чертах строение триоктаэдрического слоя исходного флогопита [30–32]. Хлорит в кимберлитовых породах на рентгеновских дифрактограммах диагностируется по серии рефлексов, кратных $\sim 1,4$ нм. Рентгенографическим методом можно оценить Mg-Fe состав хлоритов по интенсивностям линий рентгеновской дифракции, которые изменяются в зависимости от количества катионов Mg и Fe в октаэдрическом слое минерала [6–9]. Идентификация хлорита в кимберлитах осложняется присутствием серпентина и брусита. В большинстве случаев линии дифракции, соответствующие хлоритам и серпентинам, разрешаются, за исключением алюмосерпентина. В случае разрешения линий хлорита и серпентина представляется возможным отнести хлорит к Mg, Mg-Fe или Fe разновидностям.

Кривые ДТА на дериватограммах хлоритов из основной массы кимберлитов дают слабые, мало-выразительные термические эффекты. Два эндотермических эффекта лежат в интервале $620–690$ и $790–860$ °C и один экзотермический эффект в диапазоне $801–880$ °C. Основная потеря массы про-

исходит при выделении воды из слоёв 2:1 и соответствует второму эндотермическому эффекту. Термографический метод позволяет оценить Mg-Fe состав хлорита. Однако в основной массе кимберлитов невозможно выявить Fe разновидность, которая чаще всего не имеет экзотермической реакции и второго эндотермического эффекта. Диагностику также осложняет присутствие серпентина. Тем не менее комплексное использование термографического и рентгенографического методов позволяет надёжно выполнить диагностику хлорита и оценить его Mg-Fe состав в смеси с другими кимберлитовыми минералами.

В кимберлитовых породах СП, ВЕП и ЮАП минералы *группы серпентина* представлены *лизардитом* и *хризотилом*, которые образуются по основной массе породы в результате метасоматических преобразований оливина, пироксенов и ксенолитов карбонатных пород и за счёт гидротермально-метасоматических процессов. Кроме того, в основной массе кимберлитов встречается алюмосерпентин, происхождение которого окончательно не выяснено. Дифракционная картина серпентинов на рентгеновских дифрактограммах имеет набор рефлексов с максимумами $d = 0,720\text{--}0,737, 0,452\text{--}0,460, 0,360\text{--}0,366, 0,2500\text{--}0,2481, 0,1537\text{--}0,1541, 0,1500\text{--}0,1507$ нм. Встречаются серпентины, у которых характерные отражения 0,2500 и 0,2450 нм лизардита и хризотила сливаются в один широкий пик, а отражение $d = 0,1500$ нм лизардитового дуплета отсутствует и фиксируется лишь широкий пик с максимумом 0,1530–0,1540 нм. При этом форма всех пиков имеет значительное уширение и слабую интенсивность. Это является признаками наличия разнообразных нарушений и неупорядоченности структуры в порядке наложения слоёв серпентина [31–34]. Кроме того, серпентинам из кимберлитов свойственны значительные вариации относительной интенсивности линий 001, вызванные различной степенью нарушений структуры минерала в области ОН групп. Такого рода нарушения могут возникать вследствие изменения рН-условий среды кристаллизации серпентинов. Для оценки степени дефектности серпентинов предложено использовать величину I_{02}/I_{001} , где I_{02} и I_{001} интенсивности полосы 02 и линии 001 рентгеновской дифракции. В кимберлитовых породах эта величина изменяется в пределах от 0,1 до 1. В кимберлитовых породах рассматриваемых древних платформ довольно часто встречается алюмосерпентин, который диагностируется по смещениям линий

базальных отражений, соответствующих межплоскостным расстояниям [38–40] $d(001) 0,719$ нм и $d(002) < 0,360$ нм. Кривые ДТА на дериватограммах серпентинов подобны термографическим кривым хлоритов. Но они отличаются тем, что все термографические эффекты серпентинов смещены в область более низких температур. Основной эндотермический эффект у серпентинов из кимберлитов наблюдается в интервале 675–710 °С и экзотермический – в интервале 800–820 °С, который на кривых ДТА серпентинов из кимберлитов нередко отсутствует. Наличие и интенсивность экзотермического эффекта зависят от степени совершенства кристаллического строения серпентинов [11, 14, 21, 22]. Для серпентинов из кимберлитов наблюдается соответствие оценок степени нарушений структуры минерала, выполненных рентгенографическим (с помощью величины I_{02}/I_{001}) и термографическим (по интенсивности экзотермического эффекта) методами. Для электрограмм серпентинов из кимберлитов характерно отсутствие чётких рефлексов на первом эллипсе. Это говорит о низкой степени порядка в наложении слоёв структуры минерала [25–28]. Серпентины, как правило, имеют структурный тип А + В, который в гипергенных условиях переходит в тип А [29–31]. В серпентиновых минералах все октаэдрические катионы могут замещаться не только катионами Mg^{2+} , но и $Mn^{2+}, Al^{3+}, Fe^{2+}, Ti^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Cr^{3+}$ [13, 17–20], в тетраэдрические позиции может входить Al^{3+} , образуя алюмосерпентин [36–38]. В ИК-спектрах в области колебаний Si-O связи серпентины характеризуются основной интенсивной полосой поглощения с волновым числом около 990–980 cm^{-1} (валентные колебания) и двумя полосами 615–570 и 450 cm^{-1} (деформационные колебания). Валентные колебания ОН-группы проявляются в виде узкой интенсивной полосы с максимумом 3700 cm^{-1} , что характеризует пластичатые разновидности хлорита [29–32].

Распределение нетрадиционных индикаторных минералов в основной массе кимберлитов. Особенности распределения вторичных минералов в основной массе кимберлитов (по данным полуколичественного рентгенографического анализа) исследованы на примере продуктивных кимберлитовых пород трубок следующих кимберлитовых полей: Мирнинского (Мир, Интернациональная), Накынского (Ботубинская, Нюрбинская), Алакит-Мархинского (Айхал, Сытыканская, Юбилейная, Комсомольская), Далдынского (Удачная, Иреляхская, Зарница, Фестивальная, Долгожданная),

Верхне-Мунского (Заполярная, Деймос, Поисковая, Новинка) и взрывчатых брекчий щелочно-ультраосновных пород Прианабарья. При изучении характера развития и распространения серпентинов, слюды, хлорита, талька, кальцита, доломита, пироаурита, амакинита, брусита, кварца, гипса, галита и ангидрита в основной массе кимберлитов рассмотрено, насколько часто минерал встречается в каждом из рассмотренных алмазных месторождений, для чего получено относительное количество зарегистрированных индивидов в основной массе кимберлитов. Это позволяет судить о равномерности распределения конкретного минерала в породе. Средние содержания минералов и их ассоциации показывают степень распространения минерала, следовательно, и интенсивность процессов вторичных преобразований, способствующих его появлению.

В основной массе кимберлитов СП наиболее часто встречаются серпентин, кальцит, доломит, хлорит и слюда, в меньшей степени – пироаурит, брусит, кварц, тальк и гипс (рис. 1). Такие минералы, как галит и ангидрит, значительно реже наблюдаются в основной массе изученных пород. Другие вторичные минералы кимберлитов встречаются в основной массе кимберлитов в единичных случаях и не рассматриваются в данной работе.

В целом наибольшее разнообразие вторичных минералов наблюдается в трубках Мирнинского (МКП) и Накынского (НКП) полей и трубке Удачная Далдынского поля (ДКП). Кроме свойственных кимберлитам серпентинов, кальцита, доломита, хлорита, слюды, пироаурита и брусита, в основной массе кимберлитов трубок этих полей присутствуют кварц, галит, гипс, тальк, ангидрит и амакит. Это свидетельствует о проявлении более многообразных пневматолитово-гидротермальных процессов вторичного преобразования кимберлитовых пород указанных полей. Среди всех кимберлитовых месторождений СП трубка Нюрбинская (НКП) характеризуется наиболее равномерным развитием основных вторичных минералов. Неравномерность распределения серпентинов связана со многими факторами: неоднородностью псевдоморфных замещений серпентина и состава кимберлитовых тел, трещиноватостью пород, характером вторичных процессов, количеством ксенолитов мантийных ультраосновных пород, которые, как и кимберлит, серпентинизируются одинаково.

Большинство кимберлитовых месторождений Сибирской платформы, за исключением трубок

Ботуобинская и Нюрбинская (НКП) и трубки Айхал Алакит-Мархинского поля (АМКП), сходны между собой по распределению и среднему содержанию серпентинов (за исключением трубок Ботуобинская и Нюрбинская (НКП) и трубки Айхал Алакит-Мархинского поля (АМКП)). Наибольшее число участков в кимберлитовом теле, где отсутствует серпентин, наблюдается в трубках Ботуобинская и Нюрбинская, а для трубки Айхал отмечается самое низкое его среднее содержание – 11 % по сравнению с другими месторождениями. Трубки Верхне-Мунского кимберлитового поля (ВМКП) отличаются равномерным распределением серпентина, который фиксируется в 100 % всех рассмотренных образцов, и наибольшими величинами средних содержаний 30–57 %. Однородность статистических характеристик серпентина в трубках ДКП нарушается месторождениями Зарница и Удачная, где развитие минерала выражено менее интенсивно по сравнению с другими кимберлитовыми телами этого поля. В соответствии с относительным количеством образцов, содержащих серпентин, и его средними содержаниями в основной массе кимберлитов Якутии можно предположить, что в целом процессы серпентинизации в различных трубках имеют схожий характер, однако наибольшей неравномерностью отличаются Нюрбинская и Ботуобинская, а наименьшей интенсивностью – трубка Айхал. Процессы развития кальцита в основной массе кимберлитов СП, согласно распределению и степени распространения минерала, сопоставимы с серпентинизацией. Но при этом наблюдаются некоторые отличия между различными алмазными месторождениями в распределении и средних содержаниях кальцита.

На распространение и интенсивность развития кальцита влияет количество ксенолитов в кимберлитах, вмещающие породы и интенсивность поступления в кимберлиты глубинных растворов, обогащенных Са и CO_2 . Наиболее равномерно распределён кальцит в основной массе кимберлитов ДКП, где минерал встречается более, чем в 94 % изученных образцов. В основной массе кимберлитов трубок АМКП кальцит распределён также равномерно, но средние содержания его меньше, чем в упомянутых выше месторождениях. Для кимберлитовых алмазных месторождений МКП и НКП не характерен тот уровень в развитии кальцита, который свойственен трубкам АМКП и ДКП. Так, в основной массе кимберлитов трубки Интернациональная зафиксировано минимальное среднее

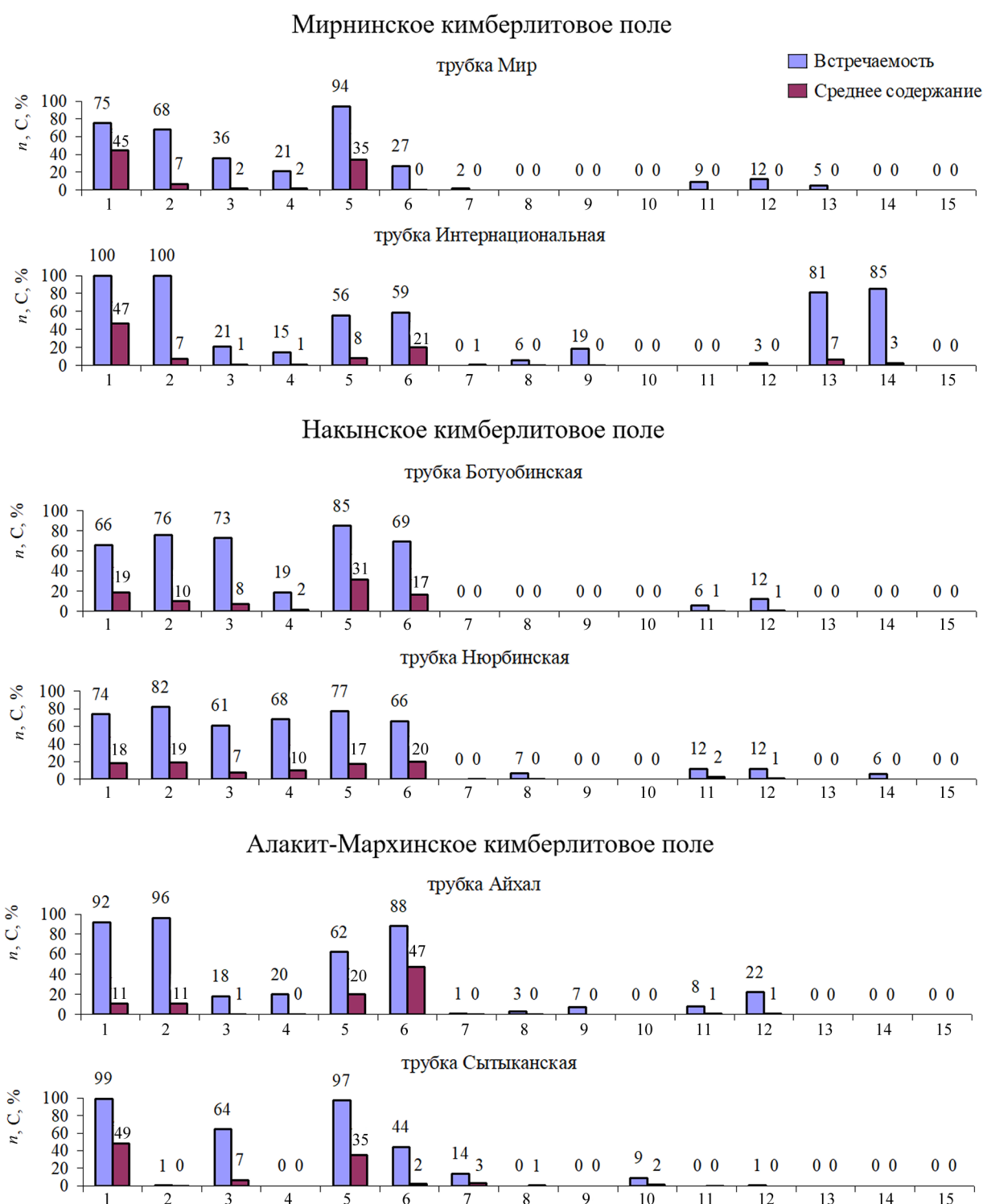
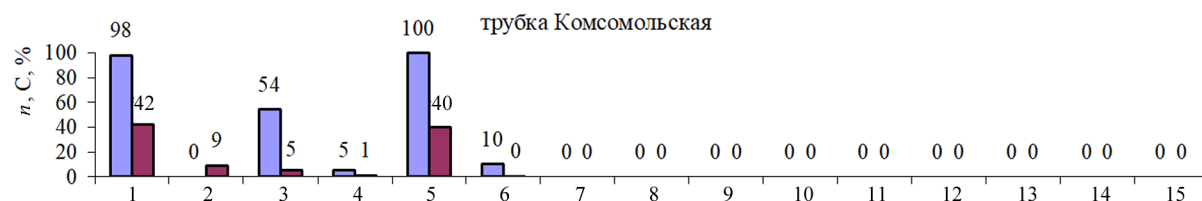


Рис. 1. Распределения и средние содержания преобладающих минералов основной массы кимберлитовых пород Якутии:

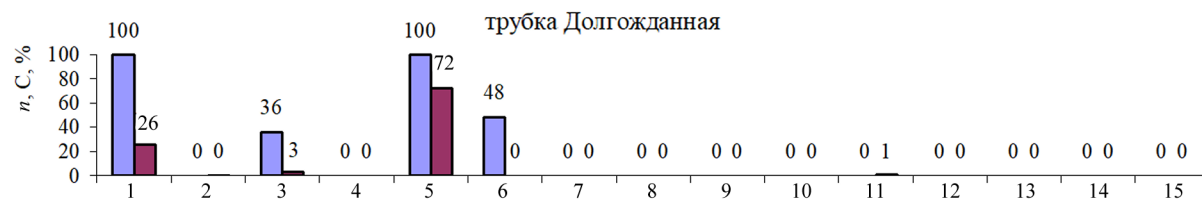
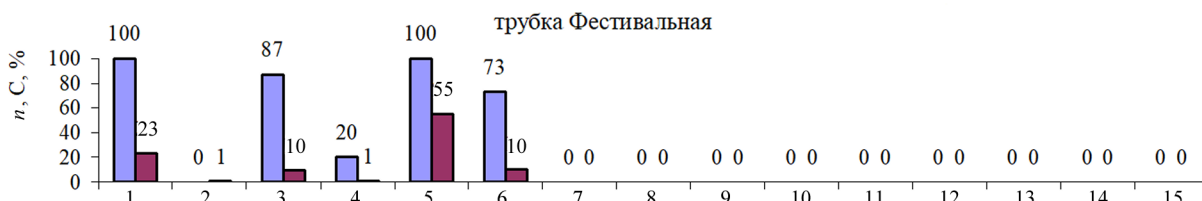
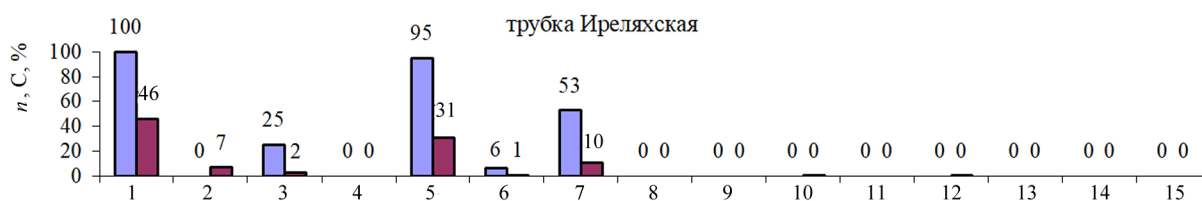
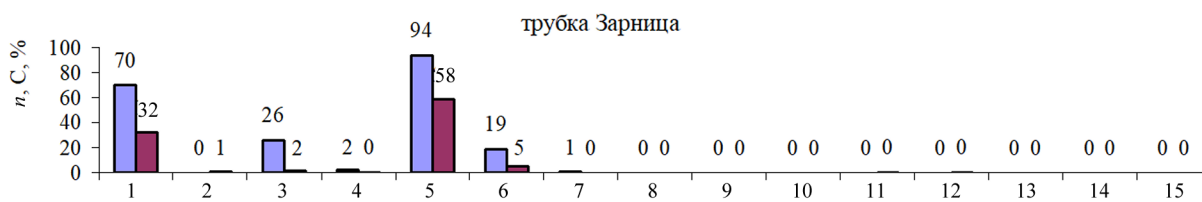
n – число образцов, содержащих минерал; C – среднее содержание минерала; минералы: 1 – серпентин, 2 – слюда, 3 – хлорит, 4 – тальк, 5 – кальцит, 6 – доломит, 7 – пироаурит, 8 – магнетит, 9 – амакинит, 10 – брусит, 11 – кварц, 12 – гипс, 13 – галит, 14 – ангидрит, 15 – барит

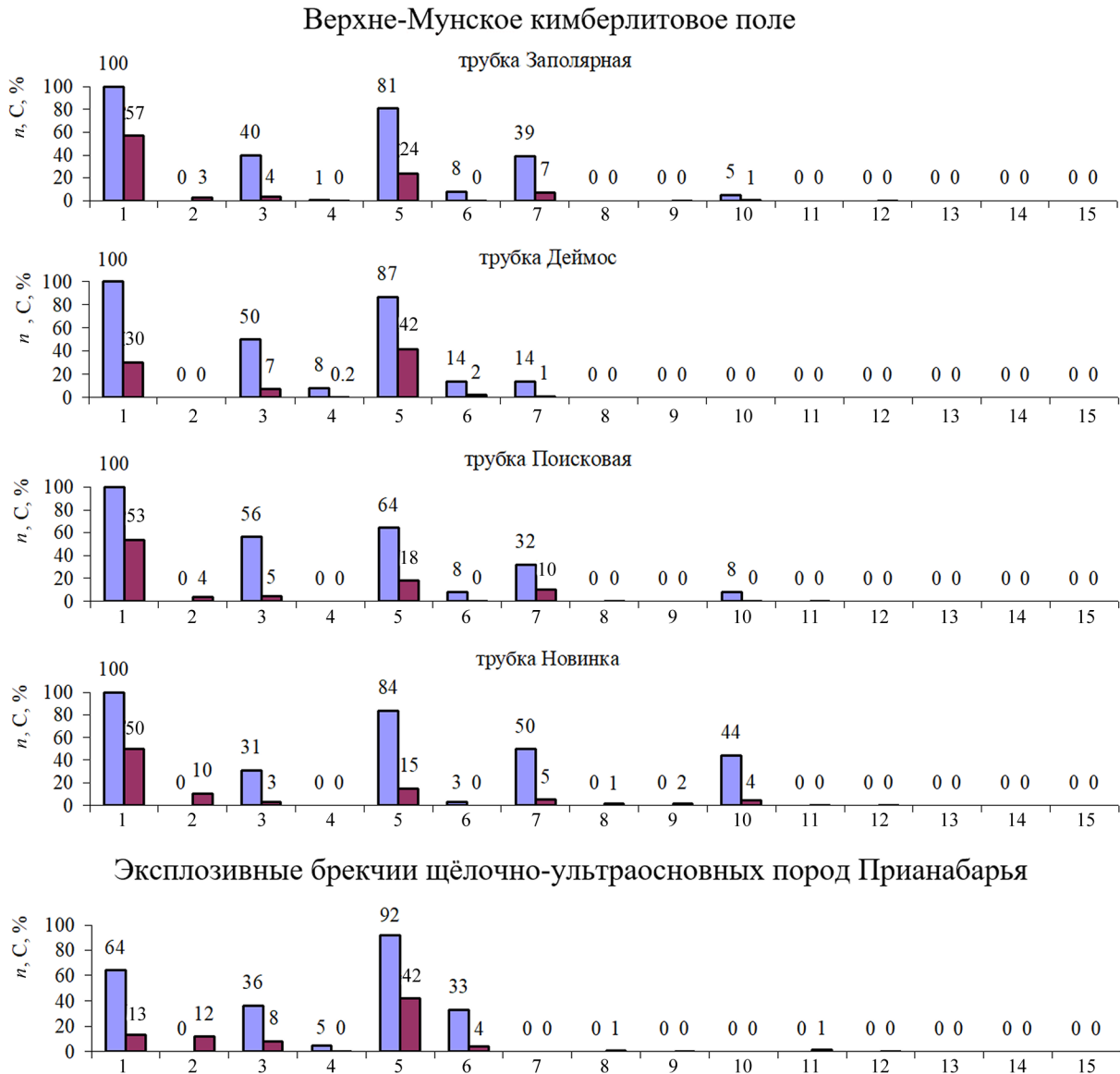
Продолжение рис. 1

Алаakit-Мархинское кимберлитовое поле



Далдынское кимберлитовое поле





содержание (8 %) из всех месторождений СП, и, кроме того, минерал отмечен лишь в 56 % от общего числа рассмотренных образцов. В то же время для трубки Мир наблюдается несколько отличная картина по развитию кальцита, где отмечен в 94 % образцов, а среднее содержание составляет 34 %. Однородная картина развития кальцита, не имеющая резких отличительных свойств, по отношению к большинству коренных месторождений

СП отмечается в кимберлитовых породах ВМКП. Доломит в кимберлитах, как правило, ассоциирует с серпентинами и кальцитом. Его образование связывают с избытком магния, не израсходованного при образовании серпентина и других магниевых минералов [36–39]. Повышение концентрации минерала обычно наблюдается в приконтактных с вмещающими породами участках. Ещё более существенное различие между месторождениями

ми СП наблюдается по распределению и среднему содержанию доломита в основной массе кимберлитов. Наиболее интенсивно доломит развит в основной массе кимберлитов трубок Айхал, Нюрбинская и Ботуобинская. В трубках ВМКП доломит встречается реже и условные содержания его меньше по сравнению с коренными месторождениями алмазов других кимберлитовых полей. В то же время не зафиксировано таких кимберлитовых тел, где бы отсутствовал доломит. Даже в малых содержаниях этот карбонат периодически фиксируется во всех кимберлитовых породах СП. Анализ связи развития доломита и серпентина в основной массе кимберлитов показывает наличие обратной связи между средними содержаниями серпентина и кальцита в различных месторождениях СП (рис. 2). То есть для основной массы кимберлитов наблюдается тенденция к увеличению среднего содержания доломита при уменьшении количества серпентина, что согласуется с ранее проведёнными исследованиями [11, 12, 16, 20, 21].

Пироаурит хотя и является характерным минералом основной массы кимберлитов, распределение его в кимберлитовых телах имеет неравномерный характер. Интенсивное формирование минерала нередко происходит в отдельных участках кимберлитовых тел. Наибольшее его распространение и относительно высокие содержания наблюдаются в основной массе кимберлитов трубок ДКП и большинства коренных месторождений алмазов ВМКП. Для месторождений МКП и НКП этот минерал нехарактерен.

Образования, представленные флогопитом и хлоритом, относятся к наиболее часто встречаемым в кимберлитовых породах СП минералам, но распределены они в основной массе не столь равномерно, как серпентин и кальцит. Средние содержания флогопитов изменяются от 0 (трубки Долгожданная и Деймос) до 19 % (трубка Нюрбинская), а у хлоритов – от 1 (трубка Интернациональная) до 10 % (трубка Фестивальная). Наиболее равномерно флогопит распределён в основной массе кимберлитов трубок МКП, НКП и АМКП. Неоднородность распределения флогопита и хлорита свойственна большинству кимберлитовых пород ВМКП и ДКП, из которых трубки Зарница и Долгожданная выделяются чрезвычайно слабым развитием хлорита при практическом отсутствии флогопита. В целом кимберлитовые породы, где отсутствует хлорит, не зафиксированы. Наиболее хлоритизированы кимберлитовые породы трубок

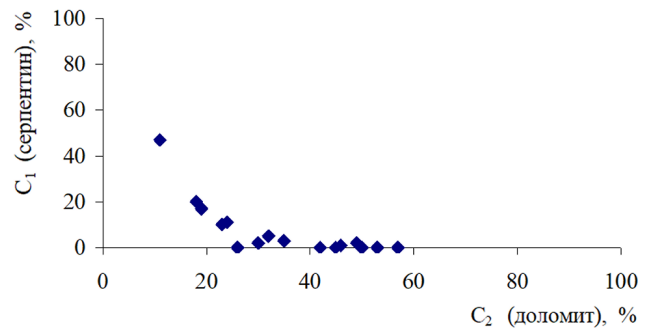


Рис. 2. Средние содержания серпентина и доломита в основной массе кимберлитов различных месторождений Сибирской платформы:

C₁ и C₂ – средние содержания серпентина и доломита соответственно

Нюрбинская, Ботуобинская, Фестивальная, Сытыканская Деймос, но в двух последних хлорит распределён менее неравномерно (см. рисунки 1 и 3).

Исходя из числа встречающихся в основной массе слюдястых образований и их средних содержаний, следует считать, что большая часть флогопитов, входящих в состав основной массы кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботуобинская, хлоритизирована. Для большинства трубок АМКП, ДКП и ВМКП свойственна хлоритизация слюд, которая наиболее интенсивно протекала в трубках Сытыканская, Фестивальная и Деймос, в результате чего произошла полная трансформация слюд в хлорит.

К минералам, довольно часто встречающимся в кимберлитах, но содержащимся в небольших количествах, следует отнести тальк. Минерал может возникать при сравнительно небольшом парциальном давлении CO₂ во флюиде при определённых соотношениях MgO:CaO:SiO₂ [11, 14, 22]. Единственным месторождением кимберлитов СП, где наблюдаются наиболее интенсивные процессы формирования талька, является трубка Нюрбинская. Такие минералы, как амакинит, брусит, кварц, гипс, галит, ангидрит и барит, не имеют устойчивых тенденций к распространению в основной массе кимберлитов различных трубок и полей. Исключением является брусит, наиболее интенсивное образование которого приурочено к трубкам ВМКП и ДКП, особенно сильно протекающее в месторож-

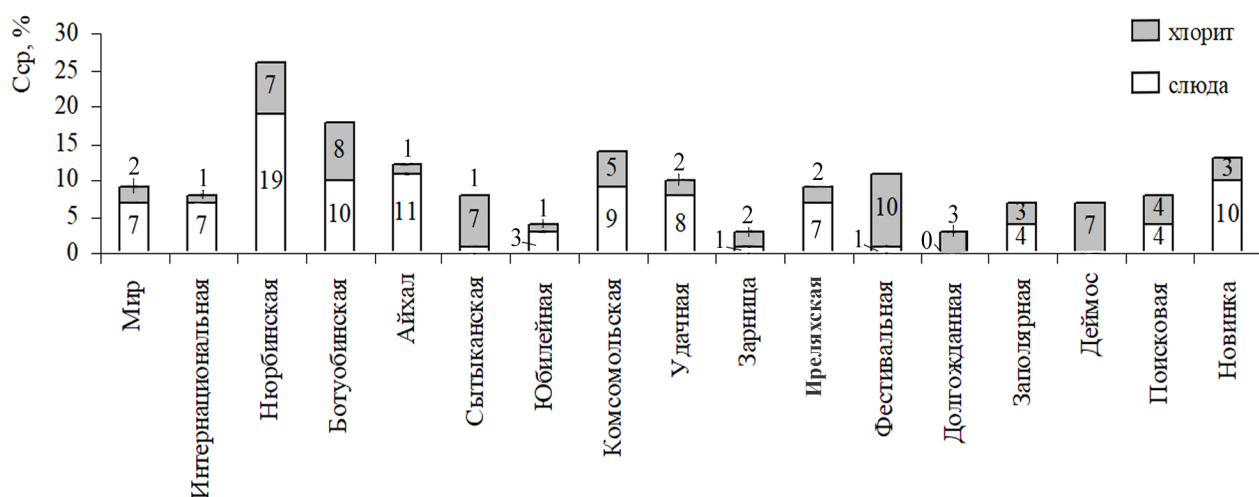


Рис. 3. Средние содержания флогопита и хлорита в кимберлитовых породах Сибирской платформы

дениях Новинка, Поисковая и Удачная. Брусит в кимберлитах возникает как при серпентинизации породы, так и в результате воздействия гидротермально-метасоматических растворов на заключительных этапах постмагматической переработки кимберлитов [30–33].

Сравнить различные месторождения при всём многообразии развития вторичных минералов позволит рассмотрение минеральных ассоциаций, полученных по средним содержаниям минералов в основной массе кимберлитовых пород СП. Анализ полученных ассоциаций позволил детализировать их и выделить 11 типов (см. таблицу). Наиболее распространёнными являются следующие ассоциации: хлорит-серпентин, тальк-серпентин и пирроаурит-серпентин. При этом средние содержания хлорита, пирроаурита и талька не превышают 13 %. Эти ассоциации формируются практически во всех кимберлитовых породах СП, независимо от продуктивности и принадлежности к полям, в отличие от карбонат-серпентиновых.

Кальцит-серпентиновая с примесью доломита ассоциация фиксируется во всех коренных месторождениях алмазов СП, в то время как серпентин-кальцитовая с примесью доломита свойственна только трубкам ДКП и ВМКП. Для этих территорий характерно интенсивное развитие брусит-серпентиновой ассоциации, наиболее интенсивно развитой в трубке Новинка. Для трубок МКП, НКП

и АМКП наблюдается широкий набор карбонат-серпентиновых ассоциаций, в отличие от ДКП и ВМКП, где он более однороден. Наблюдается тенденция к преимущественному развитию некоторых типов карбонат-серпентиновых ассоциаций в кимберлитовых трубках определённой продуктивности. Так, промышленные месторождения алмазов имеют широкий набор серпентин-карбонатных ассоциаций за исключением серпентин-кальцитовой с примесью доломита, что отличает их от непромышленных, где последняя преобладает (см. таблицу). Все среднеалмазоносные месторождения имеют кальцит-серпентиновую с примесью доломита ассоциацию. Рассмотрение преобладающих ассоциаций в различных типах пород трубки Ботуобинская показало последовательное уменьшение доли серпентина и возрастание кальцита и доломита при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к кимберлитовым туфобрекчиям (см. таблицу).

Для трубок Заполярная и Айхал различия по набору ассоциаций между порфировыми кимберлитами и автолитовыми кимберлитовыми брекчиями не установлены. В непромышленных месторождениях наблюдается преобладание серпентин-кальцитовых с примесью доломита ассоциаций вторичных минералов.

Для более детального исследования интенсивности развития вторичных минералов в основной

Таблица. Ассоциации вторичных минералов основной массы кимберлитов Западной Якутии (согласно средним условным содержаниям)

Продуктивность	Кимберлитовые трубки	Ассоциации вторичных минералов										
		Кальцит-серпентин-доломит	Кальцит-серпентин с примесью доломита	Кальцит-доломит-серпентин	Серпентин-кальцит-доломит	Серпентин-кальцит с примесью доломита	Доломит-серпентин-кальцит	Доломит-кальцит-серпентин	Пироаурит-серпентин	Тальк-серпентин	Хлорит-серпентин	Брусит-серпентин
Высокоалмазные	Айхал				+				+	+	+	
	Айхал (ПК)				+				+	+	+	
	Айхал (АКБ)				+							
	Интернациональная			+					+	+	+	
	Удачная (АКБ)						+		+	+	+	
	Мир		+							+	+	
	Ботуобинская						+		+	+	+	
	Ботуобинская (ПК)							+		+	+	
	Ботуобинская (АКБ)						+		+	+	+	
	Ботуобинская (КТБ)				+					+	+	
Нюрбинская (АКБ)	+								+	+		
Среднеалмазные	Сатыканская		+						+		+	+
	Юбилейная		+							+	+	
	Комсомольская		+							+	+	
	Иреляхская		+						+		+	
	Новинка		+						+		+	+
	Заполярная		+						+	+	+	+
	Заполярная (ПК)		+						+	+	+	+
	Заполярная (АКБ)		+						+		+	+
Непромышленные	Зарница					+			+	+	+	
	Фестивальная					+				+	+	
	Долгожданная					+					+	
	Деймос					+			+	+	+	
	Поисковая		+						+		+	+
	Анабар					+				+	+	

Примечание. ПК – порфиновые кимберлиты, АКБ – автолитовые кимберлитовые брекчии, КТБ – кимберлитовые туфобрекчии (по данным Н. С. Занкович, Е. В. Тарских, Г. В. Колесникова, А. С. Фомина из ЯНИГП ЦНИГРИ).

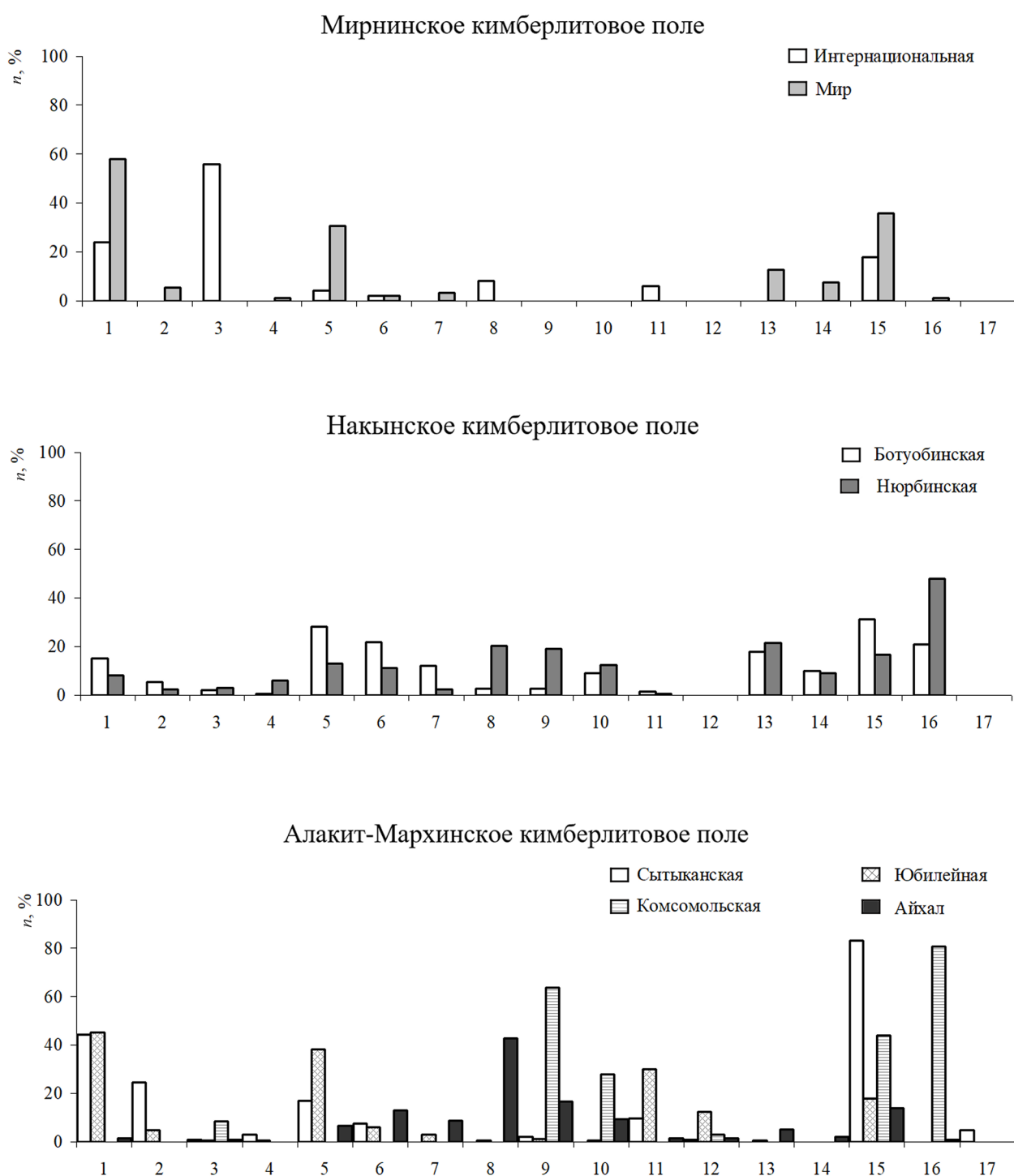
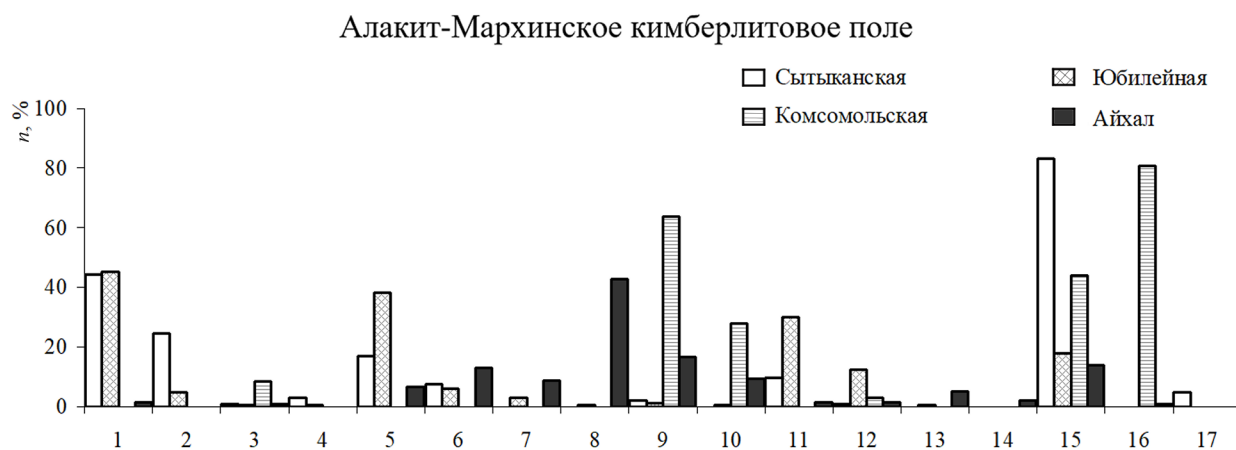
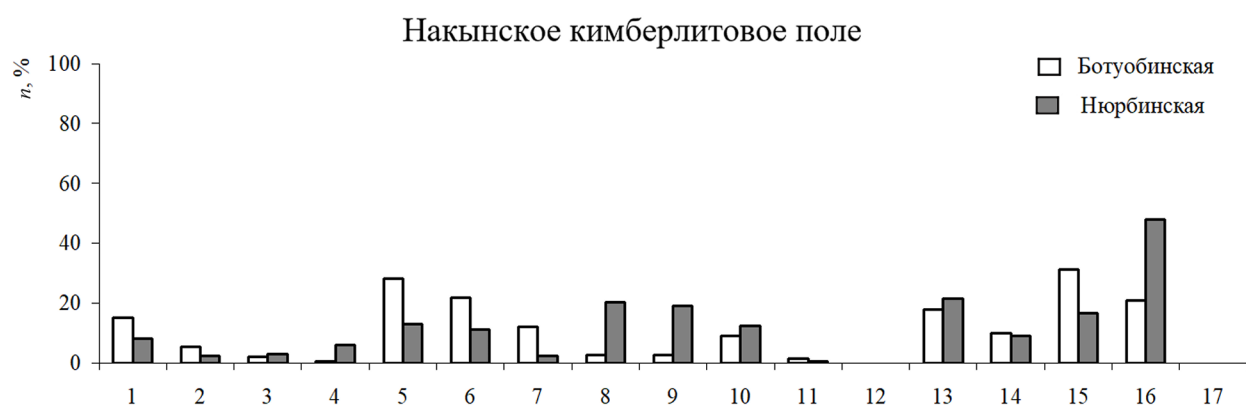
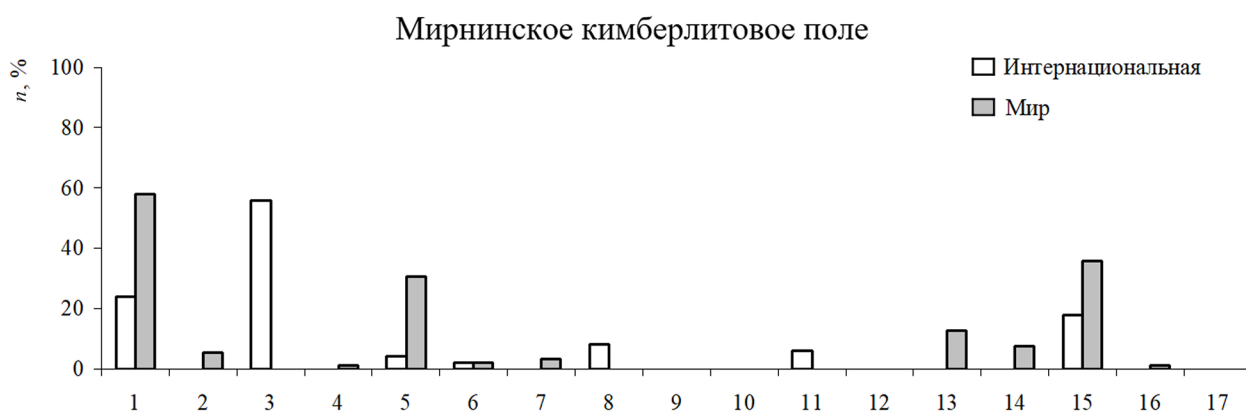


Рис. 4. Распределение ассоциаций преобладающих минералов в основной массе кимберлитовых пород Якутии:
 1 – кальцит-серпентин, 2 – доломит-кальцит-серпентин, 3 – доломит-серпентин, 4 – кальцит-доломит-серпентин, 5 – серпентин-кальцит, 6 – доломит-серпентин-кальцит, 7 – серпентин-доломит-кальцит, 8 – серпентин-доломит, 9 – кальцит-серпентин-доломит, 10 – серпентин-кальцит-доломит, 11 – пироаурит-серпентин, 12 – серпентин-пироаурит, 13 – тальк-серпентин, 14 – серпентин-тальк, 15 – хлорит-серпентин, 16 – серпентин-хлорит, 17 – серпентин-брусит

Окончание рис. 4



массе кимберлитов рассмотрены 17 ассоциаций, представленных серпентином, кальцитом, доломитом, пироауритом, хлоритом и бруситом. Анализ различных ассоциаций, из которых серпентин + кальцит являются парагенетическими, показал, что к общим свойствам всех месторождений Якутии следует отнести преобладание ассоциаций кальцит-серпентин, серпентин-кальцит и хлорит-серпентин (рис. 4). Другие ассоциации вторичных минералов не имеют столь выраженной стабильности по степени распространения в основной массе кимберлитов по сравнению с предыдущими. В кимберлитах трубки Нюрбинская НКП наблюдается тенденция к возрастанию доломитовой компоненты по сравнению с трубкой Ботуобинская. В основной массе кимберлитов ВМКП не зафиксированы ассоциации с преобладанием доломита. Эксплозивные брекчии щёлочно-ультраосновных пород Прианабарья выделяются относительно небольшим набором ассоциаций по сравнению с кимберлитовыми породами Сибирской платформы.

Сравнение ассоциаций из кимберлитовых пород разной продуктивности показывает, что их качественное разнообразие уменьшается при переходе от более к менее алмазоносным породам (рис. 5). Так, для высокопродуктивных кимберлитов трубок Айхал, Интернациональная, Удачная, Мир, Ботуобинская и Нюрбинская наряду с наиболее распространёнными характерны также доломит-серпентин-кальцитовые и серпентин-доломит-кальцитовые и кальцит-серпентин-доломитовые ассоциации. В среднеалмазоносных трубках Сытыканская, Заполярная, Юбилейная, Новинка, Комсомольская, Иреляхская и Зарница предыдущие ассоциации менее проявлены. Для этих трубок характерно преобладание серпентина, что выражается в преимущественном распространении кальцит-серпентинных ассоциаций.

Такие ассоциации, как серпентин-доломит и кальцит-серпентин-доломит, отсутствуют в непродуктивных кимберлитовых телах Зарница, Фестивальная, Долгожданная, Деймос, Поисковая. В этих слабоалмазоносных коренных месторождениях более интенсивно развит кальцит, что привело к широкому распространению ассоциаций, где этот минерал преобладает. Характер распределения рассмотренных ассоциаций вторичных минералов в основной массе кимберлитов не противоречит данным, полученным с помощью средних содержаний минералов (см. таблицу). То есть ал-

мазоносные кимберлитовые породы СП характеризуются наличием широкого набора ассоциаций вторичных минералов, среди которых важную роль играет доломит и тальк. В среднеалмазоносных кимберлитовых породах степень распространения доломита снижается, а серпентина, напротив, возрастает, что отличает их от высоко- и слабоалмазоносных трубок. Для непродуктивных месторождений алмазов характерно относительно слабое развитие доломита и значительное – кальцита, что приводит к увеличению количества серпентин-кальцитовых ассоциаций.

Выявлено, что в пределах одного месторождения при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к кимберлитовым туфобрекчиям количество ассоциаций, где преобладает серпентин, уменьшается, а где доминируют кальцит и доломит – увеличивается (рис. 6). В порфировых кимберлитах преобладают кальцит-серпентинные ассоциации, в то время в автолитовых кимберлитовых брекчиях их количество снижается и возрастает число серпентин-кальцитовых и доломит-серпентин-кальцитовых ассоциаций. Так, для трубки Ботуобинская в порфировых кимберлитах фиксируются ассоциации с преобладанием серпентиновой составляющей (см. рис. 6). В автолитовых кимберлитовых брекчиях они сменяются на ассоциации с преобладанием кальцитовой, а в кимберлитовых туфобрекчиях – доломитовой составляющих. Кроме того, в автолитовых кимберлитовых брекчиях и кимберлитовых туфобрекчиях развиты тальк-серпентинные ассоциации, отсутствующие в порфировых кимберлитах.

Порфировые кимберлиты и автолитовые кимберлитовые брекчии трубки Айхал имеют подобный характер распределения ассоциаций, но в последнем типе пород увеличивается число серпентин-доломит-кальцитовых и серпентин-доломитовых и хлорит-серпентинных ассоциаций. Для трубки Заполярная, также как и для трубки Айхал, общая тенденция в распределении ассоциаций, характерная в целом для месторождения, не нарушается ни в порфировых кимберлитах, ни в автолитовых кимберлитовых брекчиях.

Заключение. Таким образом, в результате выполненных исследований сформулированы основные диагностические признаки наиболее перспективных для поисковых целей флогопитов, хлоритов и серпентинов, для определения которых разработан оптимальный комплекс методов. Развитие

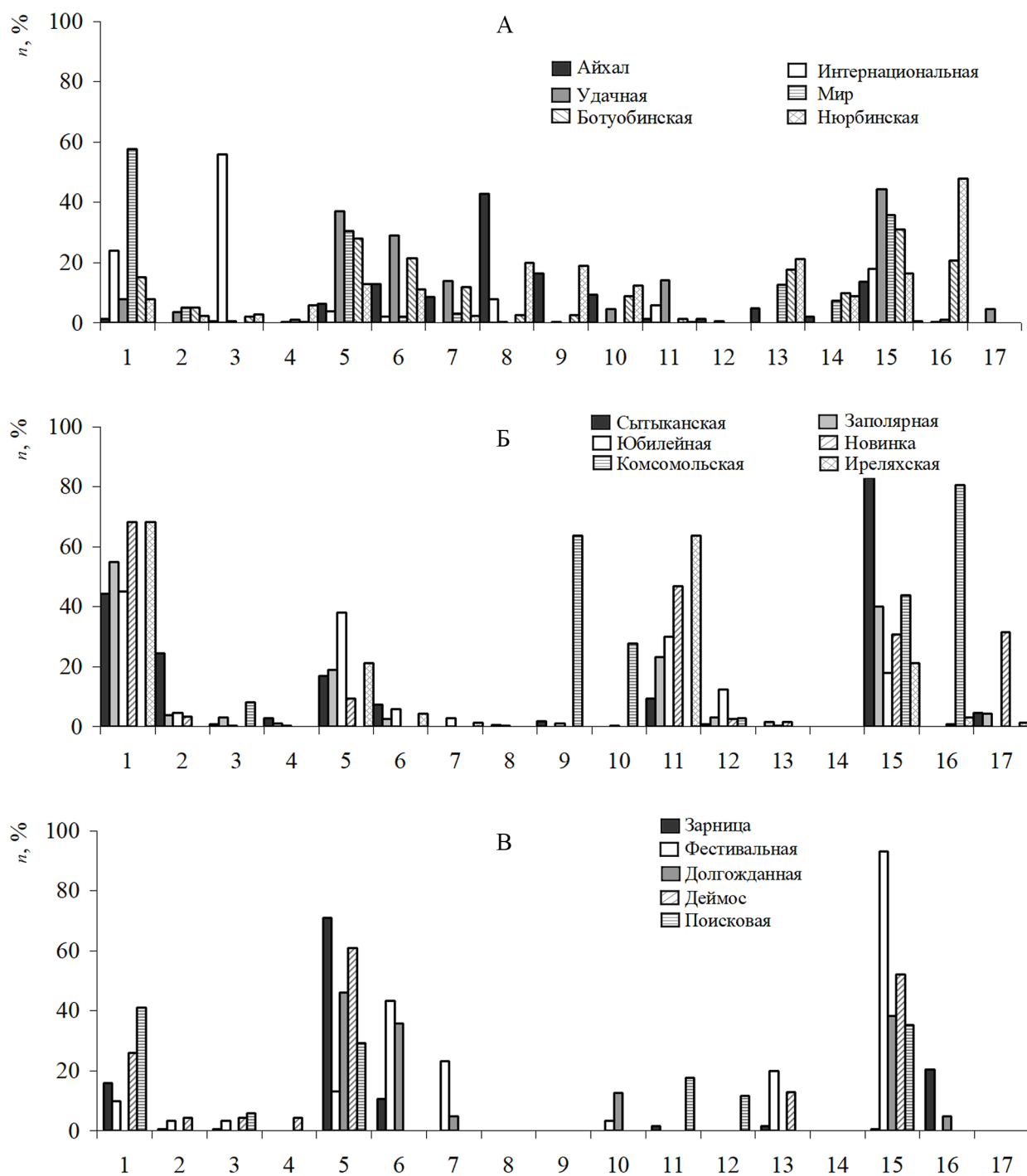


Рис. 5. Распределение ассоциаций преобладающих минералов кимберлитов в кимберлитовых породах разной продуктивности:

А – высокоалмазоносные, Б – среднеалмазоносные, В – непромышленные кимберлитовые трубки; см. услов. обозн. к рис. 4

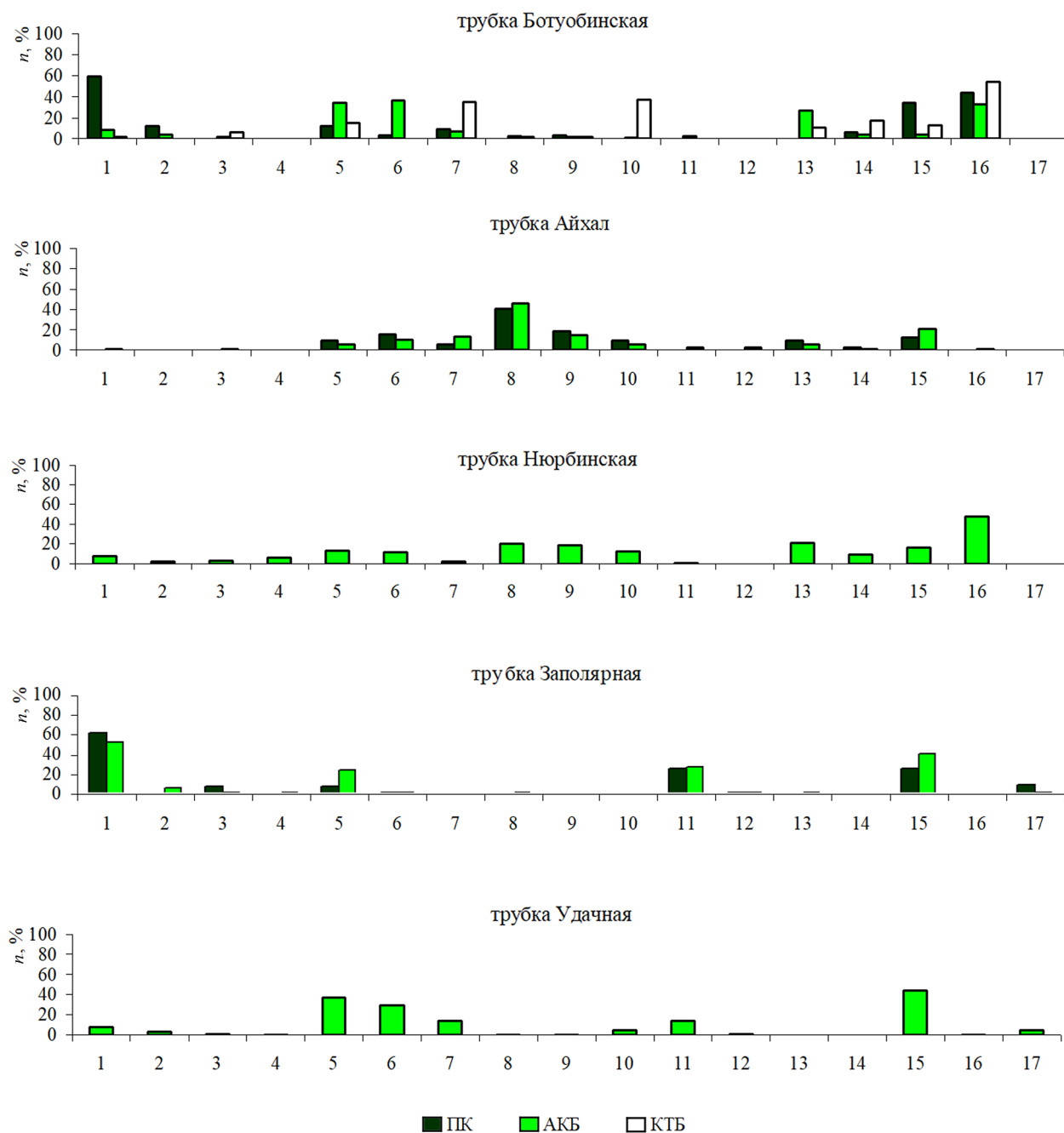


Рис. 6. Распределение ассоциаций вторичных минералов в различных типах кимберлитовых пород Якутии: ПК – порфиоровые кимберлиты, АКБ – автолитовые кимберлитовые брекчии, КТБ – кимберлитовые туфобрекчии; см. услов. обозн. к рис. 4

вторичных минералов и их ассоциаций в основной массе кимберлитов показало, что алмазные месторождения Сибирской платформы отличаются по степени и равномерности распространения карбонатов, флогопитов и хлоритов. Серпентиновые минералы в основной массе кимберлитов распределены наиболее равномерно, но их содержание в рассмотренных кимберлитовых телах различное. Несмотря на некоторые отличия, для большинства кимберлитовых пород СП типичными являются серпентин-кальцитовые, кальцит-серпентиновые, доломит-серпентин-кальцитовые и хлорит-серпентиновые ассоциации, которые встречаются во всех рассмотренных месторождениях СП. Изменения кимберлитовых пород сопровождаются перераспределением ассоциаций вторичных мине-

ралов, что выявлено при их рассмотрении в различных типах кимберлитовых пород трубок Ботуобинская, Айхал, Удачная, Иреляхская, Заполяная. В порфировых кимберлитах преобладают кальцит-серпентиновые ассоциации, количество которых в автолитовых кимберлитовых брекчиях снижается и одновременно возрастает число серпентин-кальцитовых, доломит-серпентин-кальцитовых, серпентин-хлоритовых и хлорит-серпентиновых ассоциаций, ещё более увеличивающееся в кимберлитовых туфобрекчиях. Установленные особенности минерального состава кимберлитов позволяют сравнивать их с обломками пород, обнаруженных в осадочных коллекторах, что будет способствовать повышению эффективности прогнозно-поисковых работ на алмазы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В. П., Елисеев А. П., Надолинный В. А., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Рылов Г. М., Томиленко А. А., Горяинов С. В., Юрьева О. П., Сонин В. М., Чепуров А. И.* Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидностей (по классификации Ю. Л. Орлова) // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2000. – № 5. – С. 79–97.
2. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н.* Минерагения древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 90–96.
3. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н.* Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования // Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41, № 3. – С. 281–288.
4. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Харьков А. Д., Соколов В. Н.* Закономерности изменения мантийных минералов в коре выветривания кимберлитовых пород // Минерагения зоны гипергенеза. – М. : ИГЕМ АН СССР. – 1980. – С. 45–54.
5. *Афанасьев В. П., Похиленко Н. П., Логвинова А. М., Зинчук Н. Н., Ефимова Э. С., Сафьянников В. И., Красавчиков В. О., Подгорных М. М., Пругов В. П.* Особенности морфологии и состава некоторых хромшпинелидов алмазоносных площадей в связи с проблемой «ложных» индикаторов кимберлитов // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 12. – С. 1729–1741.
6. *Бардухинов Л. Д., Зинчук Н. Н.* Алмазы из древних осадочных толщ и их поставщики (на примере Якутской кимберлитовой провинции) // Руды и металлы. – 2022. – № 2. – С. 65–86.
7. *Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г.* Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2000. – № 3. – С. 37–55.
8. *Василенко В. Б., Кузнецова Л. Г., Зинчук Н. Н.* Петрохимическая фактография кимберлитовой провинции Восточной Сибири. – Новосибирск : Параллель. – 2019. – 754 с.
9. *Гладков А. С., Борняков С. А., Манаков А. В., Матросов В. А.* Тектонофизические исследования при алмазопроисковых работах : Методическое пособие. – М. : Научный мир, 2008. – 175 с.
10. *Дукардт Ю. А., Борис Е. И.* Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. – Воронеж : ВГУ, 2000. – 161 с.
11. *Зинчук Н. Н.* О некоторых особенностях региональной поисковой алмазной минералогии // Вестник Пермского государственного университета. Геология. – 2024. – Т. 23, № 2. – С. 152–172.
12. *Зинчук Н. Н.* Об использовании гипергенных образований кимберлитов при алмазопроисковых работах // Отечественная геология. – 2020. – № 2. – С. 62–80.
13. *Зинчук Н. Н.* Об особенностях изучения постмагматических и гипергенных изменений кимберли-

- товых пород // Вестник Воронежского университета. – Геология. – 2017. – № 2. – С. 59–68.
14. *Зинчук Н. Н.* Об особенностях некоторых индикаторных минералов кимберлитовых пород // Вестник Пермского государственного университета. Геология. – 2024. – Т. 23, № 4. – С. 352–376.
 15. *Зинчук Н. Н.* Основные черты гипергенного изменения пород различного состава пород различного состава // Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. – № 3 (24). – С. 19–29.
 16. *Зинчук Н. Н.* Особенности гидротермального и гипергенного изменения слюдястых кимберлитов // Вестник Пермского университета. Геология. – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 32–50.
 17. *Зинчук Н. Н.* Особенности гипергенного изменения кимберлитов и проблема поисков коренных месторождений алмазов. Коры выветривания на кимберлитах Африканской платформы // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. – 2015. – Т. 90, вып. 6. – С. 58–70.
 18. *Зинчук Н. Н.* Особенности гипергенного изменения кимберлитов и проблема поисков коренных месторождений алмазов. Коры выветривания на кимберлитах Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. – 2015. – Т. 90, вып. 5. – С. 28–40.
 19. *Зинчук Н. Н.* Особенности использования глинистых минералов при алмазопоисковых работах // Руды и металлы. – 2016. – № 2. – С. 34–43.
 20. *Зинчук Н. Н.* Особенности литолого-минералогических исследований при алмазопоисковых работах на Сибирской платформе // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. – 2018. – Т. 93, вып. 1. – С. 91–102.
 21. *Зинчук Н. Н.* Особенности распространения и генезиса некоторых карбонатных минералов в кимберлитовых породах (на примере Сибирской платформы) // Отечественная геология. – 2023. – № 6. – С. 62–77.
 22. *Зинчук Н. Н.* Особенности состава основной массы кимберлитов // Отечественная геология. – 2025. – № 1. – С. 79–103.
 23. *Зинчук Н. Н.* Особенности структурно-формационного формирования верхнепалеозойских алмазоносных отложений // Отечественная геология. – 2015. – № 6. – С. 41–51.
 24. *Зинчук Н. Н.* Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
 25. *Зинчук Н. Н., Афанасьев В. П.* Генетические типы и основные закономерности формирования алмазоносных россыпей // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1998. – № 2. – С. 66–71.
 26. *Зинчук Н. Н., Борис Е. И.* О концентрации продуктов переотложения кор выветривания в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1981. – № 8. – С. 22–29.
 27. *Зинчук Н. Н., Дукардт Ю. А., Борис Е. И.* Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. – Новосибирск : Сибтехнорезерв, 2004. – 166 с.
 28. *Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н.* Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений // Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–31.
 29. *Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Горшков А. И.* Идентификация и генезис лизардит-сапонитового смешанослойного образования в кимберлитах одной из трубок Южной Африки // Литология и полезные ископаемые. – 2003. – № 1. – С. 87–96.
 30. *Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Соколов В. Н.* Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания // Геология и геофизика. – 1982. – № 2. – С. 42–53.
 31. *Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Шевырев Л. Т.* Тектоника и алмазоносный магматизм. – Воронеж : изд-во ВГУ, 2004. – 282 с.
 32. *Игнатов П. А., Бушков К. Ю., Штейн Я. И.* [и др.] Геологические и минералого-геохимические признаки структур, контролирующих алмазоносные кимберлиты Накынского поля Якутии // Руды и металлы. – 2006. – № 4. – С. 59–67.
 33. *Кедрова Т. В., Богуш И. Н., Зинчук Н. Н., Бардухинов Л. Д., Липашова А. Н., Афанасьев В. П.* Россыпи алмазов Накынского кимберлитового поля // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63, № 3. – С. 291–302.
 34. *Коптиль В. И.* Типоморфизм алмазов северо-востока Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования и поисков алмазных месторождений : специальность 04.00.20 «Минералогия, кристаллография» : автореф. дис. на соискание учёного степеней. канд. геол.-минерал. Наук / Василий Иванович Коптиль. – Новосибирск : ИГМ СО РАН, 1994. – 25 с.
 35. *Котельников Д. Д., Домбровская Ж. В., Зинчук Н. Н.* Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа // Литология и полезные ископаемые. – 1995. – № 6. – С. 594–601.
 36. *Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н.* Геологическая интерпретация результатов изучения глинистых минералов в осадочном чехле земной коры // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2001. – № 12. – С. 45–51.
 37. *Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н.* Об аномалии общей схемы преобразования разбухающих глини-

стных минералов при погружении содержащих их отложений в стратиферу // Вестник Воронежского государственного университета. Серия геология. – 2003. – № 2. – С. 57–68.

38. Розен О. М., Левский Л. К., Журавлёв Д. З., Спецус З. В., Макеев А. Ф., Зинчук Н. Н., Манаков А. В., Серенко В. П. Состав и возраст земной коры северо-востока Сибирской платформы: изучение ксенолитов в кимберлитах и кернов глубоких скважин // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2006. – № 4. – С. 18–28.
39. Савко А. Д., Зинчук Н. Н., Шевырëв Л. Т. [и др.] Алмазонасность Воронежской антеклизы // Труды НИИГ Воронежского ун-та. – 2003. – Т. 17. – 121 с.
40. Харьков А. Д., Квасница В. Н., Сафронов А. Ф., Зинчук Н. Н. Типоморфизм алмаза и его минералов-спутников из кимберлитов. – Киев : Наукова думка, 1989. – 183 с.
41. Ashchepkov I. V., Vladykin N. N., Ntaflos T. [et al.] Layering of the lithospheric mantle beneath the Siberian Craton modeling using thermobarometry of mantle xenolith and xenocrysts // Tectonophysics. – 2014. – V. 634. – P. 55–75.
42. Rosen O. M., Serenko V. P., Spetsius Z. V. [et al.] Yakutian kimberlite province: Position in the Siberian craton and composition of the upper and lower crust // Geologiya and Geofizika. – 2002. – V. 43, № 1. – P. 3–26.

REFERENCES

1. Afanasyev V. P., Eliseev A. P., Nadolinny V. A., Zinchuk N. N., Koptil V. I., Rylov G. M., Tomilenko A. A., Goryainov S. V., Yuryeva O. P., Sonin V. M., Chepurov A. I. Mineralogiya i nekotoryye voprosy genezisaalmazov V i VII raznovidnostey (po klassifikatsii Yu. L. Orlova) [Mineralogy and some questions of the genesis of diamonds of types V and VII (according to the classification of Yu. L. Orlov)], Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya, 2000, No. 5, pp. 79–97. (In Russ.)
2. Afanasyev V. P., Zinchuk N. N. Minerageniya drevnikh rossypeyalmazov vostochnogo borta Tungusskoy sineklizy [Minerageny of ancient diamond placers on the eastern side of the Tunguska syneclise], Geology and geophysics, 1987, No. 1, pp. 90–96.
3. Afanasyev V. P., Zinchuk N. N. Osnovnyye litodinamicheskiye tipy oreolov indikatornykh mineralov kimberritov i obstanovki ikh formirovaniya [Main lithodynamic types of halos of indicator minerals in kimberlites and their formation environments], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 1999, V. 41, No. 3, pp. 281–288.
4. Afanasyev V. P., Zinchuk N. N., Kharkiv A. D., Sokolov V. N. Zakonomernosti izmeneniya mantiynykh mineralov v kore vyvetrivaniya kimberritovykh porod [Regularities of changes in mantle minerals in the weathering crust of kimberlite rocks], Minerageniya zony gipergeneza, Moscow, IGEM AN SSSR publ., 1980, pp. 45–54. (In Russ.)
5. Afanasyev V. P., Pokhilenko N. P., Logvinova A. M., Zinchuk N. N., Efimova E. S., Safyannikov V. I., Krasavchikov V. O., Podgornyykh M. M., Prugov V. P. Features of the morphology and composition of some chrome spinels from diamond-bearing areas in connection with the problem of “false” kimberlite indicators [Features of the morphology and composition of some chrome spinels from diamond-bearing areas in connection with the problem of “false” kimberlite indicators], Geologiya i geofizika, 2000, V. 41, No. 12, pp. 1729–1741. (In Russ.)
6. Bardukhinov L. D., Zinchuk N. N. Almazы iz drevnikh osadochnykh tolshch i ikh postavshchiki (na primere Yakutskoy kimberritovoy provintsii) [Diamonds from ancient sedimentary strata and their suppliers (using the example of the Yakut kimberlite province)], Rudy i metally [Ores and metals], 2022, No. 2, pp. 65–86. (In Russ.)
7. Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G. Geodinamicheskiy kontrol razmeshcheniya kimberritovykh poley tsentralnoy i severnoy chastey Yakutskoy kimberritovoy provintsii (petrokhimicheskiy aspekt) [Geodynamic control of the placement of kimberlite fields in the central and northern parts of the Yakut kimberlite province (petrochemical aspect)], Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya, 2000, No. 3, pp. 37–55. (In Russ.)
8. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Zinchuk N. N. Petrokhimicheskaya faktografiya kimberritovoy provintsii Vostochnoy Sibiri [Petrochemical factography of the kimberlite province of Eastern Siberia], Novosibirsk, Parallel publ., 2019, 754 p. (In Russ.)
9. Gladkov A. S., Borneyakov S. A., Manakov A. V., Matrosov V. A. Tektonofizicheskiye issledovaniya pri almazopiskovykh rabotakh : Metodicheskoye posobiye [Tectonophysical studies during diamond prospecting: Methodological manual], Moscow, Nauchnyy mir publ., 2008, 175 p. (In Russ.)
10. Dukardt Yu. A., Boris Ye. I. Avlakogenez i kimberritovy magmatizm [Aulacogenesis and kimberlite magmatism], Voronezh, VGU publ., 2000, 161 p. (In Russ.)
11. Zinchuk N. N. O nekotorykh osobennostyakh regionalnoy poiskovoy almaznoy mineralogii [On some features of regional diamond prospecting mineralogy], Vestnik Permskogo gosuniversiteta. Geologiya, 2024, V. 23, No. 2, pp. 152–172. (In Russ.)

12. *Zinchuk N. N.* Ob ispolzovanii gipergennykh obrazovaniy kimberlitov pri almazoposkovykh rabotakh [On the use of hypergene kimberlite formations in diamond prospecting operations], *Otechestvennaya geologiya*, 2020, No. 2, pp. 62–80. (In Russ.)
13. *Zinchuk N. N.* Ob osobennostyakh izucheniya postmagmaticheskikh i gipergennykh izmeneniy kimberlitovykh porod [On the features of the study of postmagmatic and hypergene changes in kimberlite rocks], *Vestnik Voronezhskogo universiteta, Geologiya*, 2017, No. 2, pp. 59–68. (In Russ.)
14. *Zinchuk N. N.* Ob osobennostyakh nekotorykh indikatornykh mineralov kimberlitovykh porod [On the features of some indicator minerals of kimberlite rocks], *Vestnik Permskogo gosuniversiteta. Geologiya*, 2024, V. 23, No. 4, pp. 352–376. (In Russ.)
15. *Zinchuk N. N.* Osnovnyye cherty gipergennogo izmeneniya porod razlichnogo sostava porod razlichnogo soctava [Main features of hypergene alteration of rocks of different composition], *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2014, No. 3 (24), pp. 19–29. (In Russ.)
16. *Zinchuk N. N.* Osobennosti gidrotermalnogo i gipergennogo izmeneniya slyudistykh kimberlitov [Features of hydrothermal and supergene alteration of mica kimberlites], *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2023, V. 22, No. 1, pp. 32–50. (In Russ.)
17. *Zinchuk N. N.* Osobennosti gipergennogo izmeneniya kimberlitov i problema poiskov korennykh mestorozhdeniy almazov. Kory vyvetrivivaniya na kimberlitakh Afrikskoy platformy [Features of hypergene alteration of kimberlites and the problem of searching for primary diamond deposits. Weathering crusts on kimberlites of the African platform], *Byulleten MOIP. Otdel. geolog.*, 2015, V. 90, Is. 6, pp. 58–70. (In Russ.)
18. *Zinchuk N. N.* Osobennosti gipergennogo izmeneniya kimberlitov i problema poiskov korennykh mestorozhdeniy almazov. Kory vyvetrivivaniya na kimberlitakh Sibirskoy i Vostochno-Yevropeyskoy platformy [Features of hypergene alteration of kimberlites and the problem of searching for primary diamond deposits. Weathering crusts on kimberlites of the Siberian and East European platforms], *Byulleten MOIP. Otdel. geolog.*, 2015, V. 90, Is. 5, pp. 28–40. (In Russ.)
19. *Zinchuk N. N.* Osobennosti ispolzovaniya glinistykh mineralov pri almazoposkovykh rabotakh [Features of the use of clay minerals in diamond prospecting operations], *Rudy i metally*, 2016, No. 2, pp. 34–43. (In Russ.)
20. *Zinchuk N. N.* Osobennosti litologo-mineralogicheskikh issledovaniy pri almazoposkovykh rabotakh na Sibirskoy platforme [Features of lithological and mineralogical studies during diamond prospecting operations on the Siberian platform], *Byulleten MOIP. Otdel. geologicheskii*, 2018, V. 93, Is. 1, pp. 91–102. (In Russ.)
21. *Zinchuk N. N.* Osobennosti rasprostraneniya i genezisa nekotorykh karbonatnykh mineralov v kimberlitovykh porodakh (na primere Sibirskoy platformy) [Features of the distribution and genesis of some carbonate minerals in kimberlite rocks (using the Siberian platform as an example)], *Otechestvennaya geologiya*, 2023, No. 6, pp. 62–77. (In Russ.)
22. *Zinchuk N. N.* Osobennosti sostava osnovnoy massy kimberlitov [Features of the composition of the main mass of kimberlites], *Otechestvennaya geologiya*, 2025, No. 1, pp. 79–103. (In Russ.)
23. *Zinchuk N. N.* Osobennosti strukturno-formatsionnogo formirovaniya verkhnepaleozoy-skikh almazonosnykh otlozheniy [Features of the structural-formational formation of Upper Paleozoic diamond-bearing deposits], *Otechestvennaya geologiya*, 2015, No. 6, pp. 41–51. (In Russ.)
24. *Zinchuk N. N.* Sravnitel'naya kharakteristika veshchestvennogo sostava kory vyvetrivivaniya kimberlitovykh porod Sibirskoy i Vostochno-Yevropeyskoy platformy [Comparative characteristics of the material composition of the weathering crust of kimberlite rocks of the Siberian and East European platforms], *Geologiya i geofizika*, 1992, No. 7, pp. 99–109. (In Russ.)
25. *Zinchuk N. N., Afanasyev V. P.* Geneticheskiye tipy i osnovnyye zakonomernosti formirovaniya almazonosnykh rossypey [Genetic types and basic patterns of formation of diamond-bearing placers], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 1998, No. 2, pp. 66–71. (In Russ.)
26. *Zinchuk N. N., Boris Ye. I.* O kontsentratsii produktov pereotlozheniya kor vyvetrivivaniya v verkhnepaleozoy-skikh osadochnykh tolshchakh vostochnogo borta Tungusskoy sineklizy [On the concentration of products of redeposition of weathering crusts in the Upper Paleozoic sedimentary strata of the eastern side of the Tunguska syncline], *Geologiya i geofizika*, 1981, No. 8, pp. 22–29. (In Russ.)
27. *Zinchuk N. N., Dukardt Yu. A., Boris Ye. I.* Tektonicheskiye aspekty prognozirovaniya kimberlitovykh poley [Tectonic aspects of forecasting kimberlite fields], *Novosibirsk : Sibtekhnoreserv publ.*, 2004, 166 p. (In Russ.)
28. *Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris Ye. I., Lipashova A. N.* Tipomorfizm almazov iz rossypey Sibirskoy platformy kak osnova poiskov almaznykh mestorozhdeniy [Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as a basis for searching for diamond deposits], *Rudy i metally*, 1999, No. 3, pp. 18–31. (In Russ.)
29. *Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D., Gorshkov A. I.* Identifikatsiya i genezis lizardit-saponitovogo smeshanosloynogo obrazovaniya v kimberlitakh odnoy iz trubok Yuzhnoy Afriki [Identification and genesis of a lizardite-saponite mixed-layer formation in kimberlites of one of the pipes of South Africa], *Litologiya i*

- poleznyye iskopayemyye, 2003, No. 1, pp. 87–96. (In Russ.)
30. *Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D., Sokolov V. N.* Izmeneniye mineralnogo sostava i strukturnykh osobennostey kimberlitov Yakutii v protsesse vyvetrivaniya [Changes in the mineral composition and structural features of Yakutia kimberlites during weathering], *Geologiya i geofizika*, 1982, No. 2, pp. 42–53. (In Russ.)
 31. *Zinchuk N. N., Savko A. D., Shevyrev L. T.* Tektonika i almazonosnyy magmatizm [Tectonics and diamond-bearing magmatism], *Voronezh, VGU*, 2004, 282 p. (In Russ.)
 32. *Ignatov P. A., Bushkov K. Yu., Shteyn Ya. I.* [et al.] Geologicheskiye i mineralogo-geokhimicheskiye priznaki struktur, kontroliruyushchikh almazonosnyye kimberlity Nakynskogo polya Yakutii [Geological and mineralogical-geochemical features of structures controlling diamond-bearing kimberlites of the Nakyn field of Yakutia], *Rudy i metally*, 2006, No. 4, pp. 59–67. (In Russ.)
 33. *Kedrova T. V., Bogush I. N., Zinchuk N. N., Bardukhinov L. D., Lipashova A. N., Afanasyev V. P.* Rossypi almazov Nakynskogo kimberlitovogo polya [Diamond placers of the Nakyn kimberlite field], *Geologiya i geofizika*, 2022, V. 63, No. 3, pp. 291–302. (In Russ.)
 34. *Koptil V. I.* Tipomorfizm almazov severo-vostoka Sibirskoy platformy v svyazi s problemoy prognozirovaniya i poiskov almaznykh mestorozhdeniy [Typomorphism of diamonds of the north-eastern Siberian platform in connection with the problem of forecasting and prospecting for diamond deposits], *Novosibirsk, IGM SO RAN publ.*, 1994, 25 p. (In Russ.)
 35. *Kotelnikov D. D., Dombrovskaya Zh. V., Zinchuk N. N.* Osnovnyye zakonomernosti vyvetrivaniya silikatnykh porod razlichnogo khimicheskogo i mineralogicheskogo tipa [Main patterns of weathering of silicate rocks of different chemical and mineralogical types], *Litologiya i poleznyye iskopayemyye*, 1995, No. 6, pp. 594–601. (In Russ.)
 36. *Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N.* Geologicheskaya interpretatsiya rezultatov izucheniya glinistykh mineralov v osadochnom chekhle zemnoy kory [Geological interpretation of the results of the study of clay minerals in the sedimentary cover of the earth's crust], *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya*, 2001, No. 12, pp. 45–51. (In Russ.)
 37. *Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N.* Ob anomalii obshchey skhemy preobrazovaniya razbukhayushchikh glinistykh mineralov pri pogruzhenii soderzhashchikh ikh otlozheniy v stratisferu [On the anomaly of the general scheme of transformation of swelling clay minerals during the immersion of sediments containing them into the stratisphere], *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Seriya geologiya*, 2003, No. 2, pp. 57–68. (In Russ.)
 38. *Rozen O. M., Levskiy L. K., Zhuravlov D. Z., Spetsius Z. V., Makeyev A. F., Zinchuk N. N., Manakov A. V., Serenko V. P.* Sostav i vozrast zemnoy kory severo-vostoka Sibirskoy platformy: izucheniye ksenolitov v kimberlitakh i kernov glubokikh skvazhin [Composition and age of the earth's crust of the northeast of the Siberian platform: study of xenoliths in kimberlites and deep well cores], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 2006, No. 4, pp. 18–28. (In Russ.)
 39. *Savko A. D., Zinchuk N. N., Shevyrov L. T.* [et al.] Almazonosnost Voronezhskoy anteklizy [Diamond potential of the Voronezh antecline], *Trudy NIIG Voronezhskogo un-ta*, 2003, V. 17, 121 p. (In Russ.)
 40. *Kharkiv A. D., Kvasnitsa V. N., Safronov A. F., Zinchuk N. N.* Tipomorfizm almaza i yego mineralov-sputnikov iz kimberlitov [Typomorphism of diamond and its associated minerals from kimberlites], *Kyiv, Naukova Dumka publ.*, 1989, 183 p. (In Russ.)
 41. *Ashchepkov I. V., Vladykin N. N., Ntaflos T.* [et al.] Layering of the lithospheric mantle beneath the Siberian Craton modeling using thermobarometry of mantle xenolith and xenocrysts, *Tectonophysics*, 2014, V. 634, pp. 55–75.
 42. *Rosen O. M., Serenko V. P., Spetsius Z. V.* [et al.] Yakutian kimberlite province: Position in the Siberian craton and composition of the upper and lower crust, *Geologiya i Geofizika*, 2002, V. 43, No. 1, pp. 3–26.

Статья поступила в редакцию 10.12.25; одобрена после рецензирования 14.01.26; принята к публикации 14.01.26.
The article was submitted 10.12.25; approved after reviewing 14.01.26; accepted for publication 14.01.26.

■ Открытия месторождений не бывают случайными

■ Discoveries of deposits are not accidental

В 2026 году наше профессиональное сообщество отметит своеобразный юбилей – 60-летие Дня геолога, праздника, который стал одним из символов золотого века отечественной науки. За минувшие десятилетия в профессию пришли многие талантливые исследователи, их достижения – часть новейшей истории геологоразведочной отрасли. В какой мере удаётся сохранять преемственность в работе геологов разных поколений в наши дни? Об этом размышляет главный редактор журнала «Отечественная геология», заслуженный геолог Российской Федерации, исполняющий обязанности генерального директора ФГБУ «ЦНИГРИ» доктор геолого-минералогических наук Анатолий Иннокентьевич Иванов.

– Анатолий Иннокентьевич, на торжественном заседании по случаю 90-летия ЦНИГРИ в марте 2025 года был прекрасный эмоциональный момент: зал в едином порыве зааплодировал, когда в рассказе об исторических достижениях института Вы развернули галерею портретов замечательных геологов – представителей нескольких поколений ЦНИГРИ. Чувствовалось, что многие из присутствовавших выразили таким образом благодарность предшественникам и учителям в профессии. Наверное, ради таких минут и стоит отмечать юбилей?

– На самом деле мы должны как можно чаще выражать признательность и любовь своим наставникам. Но, конечно, юбилей – особый рубеж, когда внимательнее всматриваешься в прошлое, анализируешь события минувших лет... В наступающем году грядёт замечательная дата – минуло шесть десятилетий с момента учреждения нашего профессионального праздника. 1960–1970-е годы – время взлёта геологических исследований, геологосъёмочных работ, открытий месторождений, которое вошло в историю как «золотой век отечественной геологии». Его наступление подготовили реальные люди, в том числе сотрудники пер-



Рис. 1. Главный редактор журнала «Отечественная геология», заслуженный геолог Российской Федерации, доктор геолого-минералогических наук Анатолий Иннокентьевич Иванов

вых поколений ЦНИГРИ, других геологических институтов, учреждённых в 1930-е годы.

Так как день геолога был учреждён во время моей учёбы в школе, и я ещё не определился с будущей профессией, для меня он праздником стал в 1969 году на первом курсе обучения на геологическом факультете Иркутского университета. Но по-настоящему главным праздником в году он стал после завершения учебы во время производственной деятельности. Именно ко Дню геолога подводились итоги работы за предыдущий год, проходили торжественные собрания с награждением лучших работников. И, конечно, мы его дружно отмечали в кругу друзей и соратников, тост



Рис. 2. Старшеклассники Читинской средней школы в походе. Анатолий Иванов второй слева. 1965 г.

«За тех, кто в поле...» традиционно в этот день был третьим.

– *Что повлияло на Ваш личный выбор профессии геолога?*

– В 1960-х годах мы с родителями жили в Чите, и в седьмом классе я перешёл в школу, в которой учились дети геологов – таких ребят у нас было довольно много. Мы подружились, я ходил к ним в гости, слушал рассказы взрослых. В Чите красивая природа – тайга, горы, скалы. И мы с друзьями постоянно путешествовали, ходили в походы, часто с ночёвкой. Наверное, впечатления тех лет повлияли на мой выбор.

А первая коллекция камней у меня появилась ещё раньше: в детстве я каждое лето проводил у бабушки с дедушкой в деревне Нарын-Талача в Забайкалье и, гуляя в горах, в поле, находил цветные красивые камешки. Особенно я любил собирать халцедоны. Конечно, тогда это было просто развлечение. Учился я хорошо, выигрывал областные и городские олимпиады по математике и физике. Но ясности, кем стать, не было: то ли в физики пойду, то ли в геологи... 10-й класс оканчи-

вал уже в Иркутске, и тут мои читинские друзья приехали поступать в Иркутский государственный университет им. А. А. Жданова на геологический факультет. Вопрос решился сам собой. Летом 1968 года мы с товарищами вместе подали документы, сдали экзамены – математику, физику, сочинение – и начали учиться. Оказалось, что в числе поступивших немало потомственных геологов из Иркутска и Читы.

– *Ваша альма-матер – Иркутский государственный университет. Расскажите, пожалуйста, об обучении на геологическом факультете ИГУ на рубеже 1960–1970-х, о студенческой жизни.*

– Почти все наши преподаватели были довольно молоды – всего лет на 15–20 старше нас. Они прошли школу производства в геологоразведочных организациях, защитили диссертации и только тогда начали работать в университете. Учиться у них было интересно. Я хочу назвать хотя бы несколько имён наших наставников. Деканом геологического факультета ИГУ в то время, когда мы начинали учиться, был геолог-рудник профес-



Рис. 3. Преподаватели геологического факультета Иркутского государственного университета в 1969 году (несколько архивных фотографий): Г. А. Кузнецов (декан, зав. кафедрой исторической геологии), В. А. Наумов (структурная геология), А. И. Бердников (петрография), В. Д. Мац (общая геология)

сор Георгий Алексеевич Кузнецов¹, он же заведовал кафедрой исторической геологии. Общую геологию на первом курсе нам преподавал Виктор Давидович Мац², исследователь геологии докембрия Саяно-Байкальского нагорья. До перехода на преподавательскую работу он руководил поисковыми и геолого-съёмочными партиями, несколько лет был главным геологом геолого-съёмочной экспедиции ИГУ, затем – научным сотрудником в Лимнологическом институте СО АН СССР. Структурную геологию вёл Владимир Александрович Наумов³, несколько лет преподававший в Мон-

гольском государственном университете; он участвовал и в Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции, совместно организованной Иркутским и Монгольским университетами в годы нашей учёбы. Минералогию мы изучали под началом Тараса Тимофеевича Деули⁴, заведующего кафедрой минералогии и петрографии, петрографию вёл доцент той же кафедры Александр Иосифович Бердников⁵, несколько лет исполнявший обязанности декана нашего факультета. Геоморфологию преподавал Анатолий Гаврилович Золотарёв⁶, организатор кафедры геомор-

¹ Георгий Алексеевич Кузнецов (1925–1996) – выпускник геологического факультета Иркутского государственного университета (1952), доктор геолого-минералогических наук (1968), специалист по региональной геологии и методике поисково-съёмочных работ, научный руководитель Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции.

² Виктор Давидович Мац (1927–2017) – выпускник геологического факультета Черновицкого государственного университета (1949), доктор геолого-минералогических наук (1987), исследователь геологии окраинных зон Байкальской и Восточно-Саянской горноскладчатых областей (*прим. ред.*).

³ Владимир Александрович Наумов (1929–1990) – выпускник геологического факультета Иркутского государственного университета (1953), доктор геолого-минералогических наук (1981), исследователь геологии Сибири (*прим. ред.*).

⁴ Тарас Тимофеевич Деуля (1901–1974) – выпускник Иркутского университета (1926) и аспирантуры Ленинградского института кристаллографии, минералогии и геохимии АН СССР (1933), кандидат геолого-минералогических наук.

⁵ Александр Иосифович Бердников (1922–1986) – выпускник геологического факультета Иркутского государственного университета (1951), специалист по петрографии и петрологии траппов Сибирской платформы; участник Великой Отечественной войны.

⁶ Анатолий Гаврилович Золотарёв (1921–2011) – выпускник геолого-почвенно-географического факультета Иркутского государственного университета (1948), доктор географических наук (1969), специалист в области геоморфологии, тектоники, геологии новейших отложений и россыпных месторождений полезных ископаемых.



Рис. 4. Студенты второго курса геологического факультета Иркутского государственного университета на фоне Орхонского водопада. Учебная практика в Монголии. 1970 г. Фото А. И. Иванова

фологии и её многолетний заведующий, научный руководитель комплексной Хубсугульской экспедиции.

Словом, преподавательский состав у нас был очень сильный, спрашивали строго. В 1968 году на геологический факультет приняли 120 человек (два равных потока – по специальностям «геологическая съемка и поиски месторождений полезных ископаемых» и «геология месторождений нефти и газа»), а к диплому осталось 56. Дело в том, что на факультет часто поступали выпускники сельских школ, которые не боялись полевых нагрузок, но при этом по основным предметам были неважно подготовлены и многих отчисляли за неуспеваемость.

Учебная практика после первого курса прошла на Байкале. Мы побывали в Слюдянке, своего рода минералогическом заповеднике, – там очень интересные места. Затем впервые смотрели серьёзную геологию – Ангарский надвиг в Забайкалье. После второго курса было ещё интереснее:

полтора–два месяца мы провели в Монголии – ездили по обмену с Монгольским государственным университетом в Улан-Баторе. Задачей нашей группы из 12–15 студентов было составление геологических карт. Руководил практикой Владимир Александрович Наумов. Монгольские преподаватели почти все отлично знали русский язык. К слову, фильмы в кинотеатрах шли на русском языке, так что с местными жителями общались свободно. Из увиденных в Монголии интересных мест запомнилась долина реки Орхон с Орхонским водопадом 25-метровой высоты и молодыми вулканами – в последний раз лава здесь изливалась во времена Чингисхана. Ходить в каньонах по этим лавам довольно тяжело. Кстати, в Тункинской долине в Бурятии вблизи озера Байкал тоже есть молодые четвертичные вулканы возрастом всего десятки тысяч лет.

На втором курсе у меня появилось серьёзное увлечение – спелеология. В Иркутске работала городская секция, и вечерами после учёбы мы ходи-

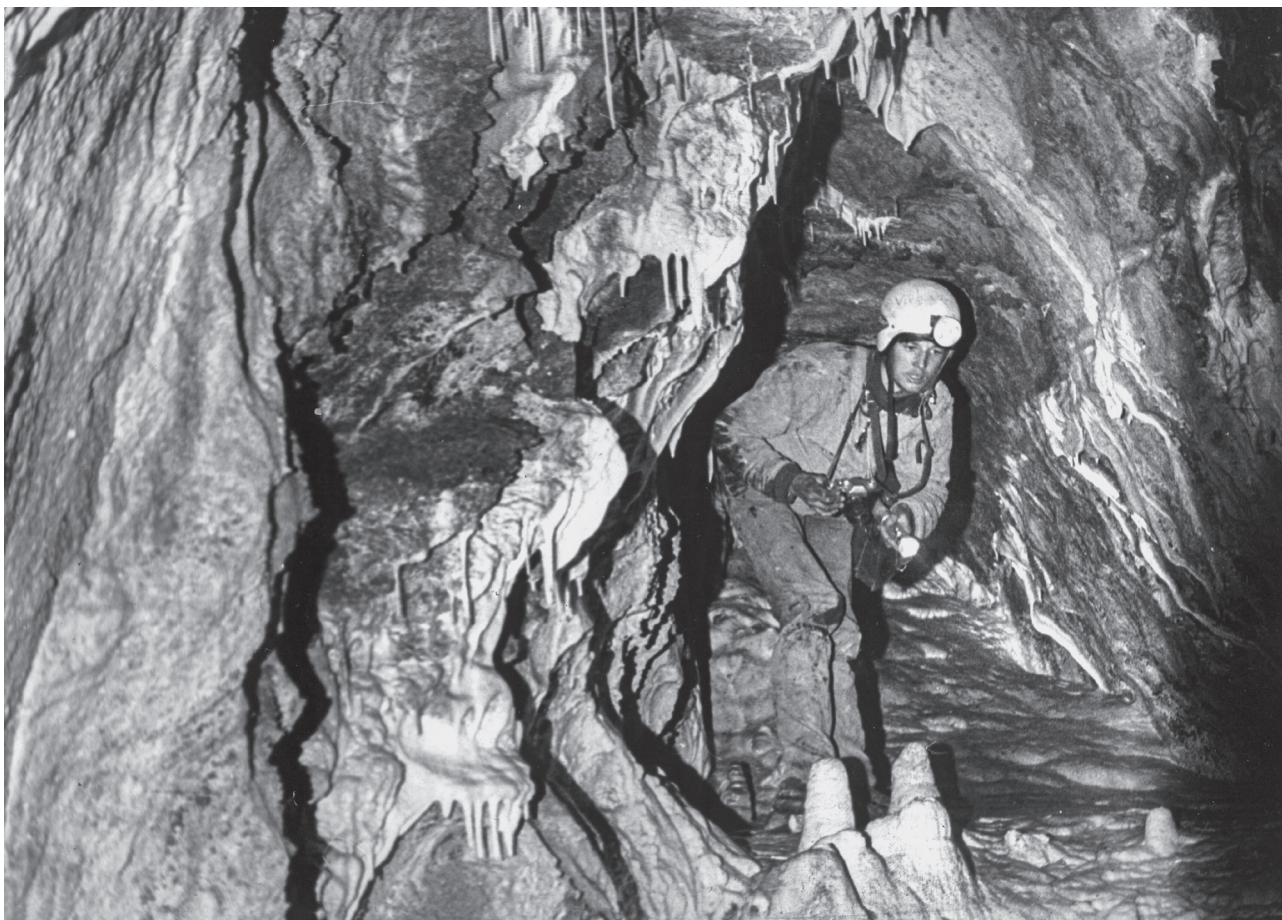


Рис. 5. «Испытываешь особенное чувство, когда именно ты нашёл никем не виденную пещеру и первый её проходишь...» Анатолий Иванов в пещере Спириновская, Восточный Саян. 1971 г.

ли в клуб туристов, а в выходные и праздничные дни искали новые пещеры. Так что после практики по картированию я ещё окончил школу спелеологов – мы ездили по пещерам в Красноярском крае, тренировались, учились. Через год стал председателем городской секции, сложил полномочия только после окончания пятого курса университета.

– *Вы не задумывались о том, чтобы посвятить себя спелеологии, заниматься серьёзными исследованиями в этой области?*

– Это было, скорее, спортивное увлечение. Точнее, я хотел найти новые пещеры, в этом была моя задача как руководителя секции. Мне интересна встреча с новым, непознанным: испытываешь особенное чувство, когда именно ты нашёл никем не виденную пещеру и первый её проходишь. До

нас в Иркутской области было известно всего несколько небольших пещер. А мы нашли целую серию, в том числе больших и глубоких.

Спелеология – довольно опасное дело. Мы организовали спасательные отряды, учились технике эвакуации раненых из пещер. Я был начальником Иркутского спелеологического спасательного отряда, но, к счастью, нештатных ситуаций не возникало и практиковаться нам не пришлось.

– *Благодаря работе в городской секции Вы проявили свои лидерские качества и получили первый опыт руководства людьми?*

– Не совсем так. Ещё в школе я бывал в «должности» старосты класса и председателя Совета пионерского отряда. В университете на первом курсе я был назначен старостой курса. Куратор группы

(доцент Владимир Васильевич Латин, преподававший палеонтологию) и товарищи уговорили, так как видели, что у меня получается организовывать людей. И на военной кафедре был командиром. Видимо, это врождённое качество – способность объединять людей для выполнения важной задачи.

Но продолжу рассказ об Иркутском университете – о производственных практиках. После третьего курса на первую производственную практику меня направили в Бурятию, в таёжный район на границе с Иркутской областью. Там располагается месторождение ртути Келяна, не очень крупное, и мы искали вокруг него дополнительные объекты. Я работал техником-геологом, ходил в маршруты – это вполне самостоятельная геологическая работа: у меня был маршрутный рабочий, мы делали шлиховое опробование, я документировал канавы, шурфы. Жили в обычных геологических палатках с печками. Наши маршруты проходили в дикой горной тайге. Единственный транспорт – лошади и олени. Накомарников и никаких средств типа «ДЭТА» тогда не было – только веточка, чтобы отмахиваться от мошки и комаров, которых видимо-невидимо. Я подсчитал: максимальное число комаров под ладошкой – 56. Неприятно, но это штатная ситуация. Зато руководство было довольно уровнем проведения работ. И мне было интересно работать: ведь я не просто документировал, а разбирался, думал, искал признаки оруденения.

После четвёртого курса работал техником-геологом в Верхоянье, на севере Якутии – за Полярным кругом. Верхоянье, как и весь север Якутии, в то время были основными регионами СССР, поставлявшими олово и вольфрам. И там я проходил преддипломную практику. Мы вели двухсоттысячную геологическую съёмку вокруг посёлка Батагай: съёмочные маршруты, документация керна, геофизические наблюдения с магнитометром. Начальник партии приехал проверить мою работу в поле, прочитал документацию и повысил в должности до старшего техника-геолога. Дальше я руководил маленьким поисковым отрядом, мы работали на участке Омук, где незадолго до этого начальник партии нашёл в маршруте кусок оловянной руды. Мне поставили задачу найти кварцевые жилы с касситеритом и вольфрамитом, проследить их по простиранию, нарисовать на карте. В результате удалось проследить целую их серию и оконтурить олово-вольфрамовое рудопроявление Омук. Второй задачей было определить ни-

же по склону от рудопроявления перспективный участок для выявления делювиальной россыпи касситерита и шеелита для её старательской отработки – старатели в этом районе разрабатывали аллювиальные и делювиальные россыпи касситерита и вольфрамита. Такой участок я наметил, доложил начальнику партии, и он направил специальный отряд для проходки копушей и шлихового опробования делювия. После промывки шлихи срочно отправляли на минералогический анализ для определения содержаний касситерита и вольфрамита и оконтуривания участка с предполагаемой россыпью.

Работа продолжалась до начала октября. Удивительно, что обильный снег в тот сезон выпал в августе и вскоре растаял. Снега нет и нет, а зайцы побелели. Идёшь в маршрут и постоянно видишь, как белый заяц бежит по курумнику...

За преддипломную производственную практику (как и за практику после третьего курса) мне начислили вполне приличную премию. Той же осенью выделенный нами на участке Омук блок был подготовлен для старательской отработки.

– Вы оканчивали университет в то самое время, которое теперь мы называем «золотым веком советской геологии». О чём мечтали выпускники, какой работе вы хотели себя посвятить?

– Я хотел заниматься геологической съёмкой. Можно было поехать по распределению в Магадан, Якутию, на Дальний Восток – многие мои однокурсники потом работали в этих районах. Но я был уже женат, и жене предстояло ещё два года учиться в медицинском институте в Иркутске, поэтому основной моей заботой, помимо последних экзаменов и подготовки диплома, стали поиски будущей работы в нашем городе. Проблем с кадрами в геологии тогда не существовало, и в Иркутской геолого-съёмочной экспедиции, куда я мечтал устроиться, мне отказали: «В этом году сотрудников не набираем». Тогда я обратился в предприятие «Байкалкварцсамоцветы», которое занималось поделочными камнями (нефритом, лазуритом). Приняли с удовольствием и даже определили в лазуритовую партию. А между тем наступила пора защиты.

Я шёл на красный диплом, исследование «Поисково-оценочные работы на рудопроявлении Омук» написал на основе собственных данных и доклад сделал со знанием дела. Председатель государственной экзаменационной комиссии, главный инженер Иркутского геологического управ-



Рис. 6. После маршрута в один из дней первой производственной практики в Бурятии. Студент четвёртого курса Анатолий Иванов второй справа. 1971 г.



Рис. 7. Иркутский спелеологический спасательный отряд на тренировке. Начальник отряда Анатолий Иванов второй слева. 1971 г.

ления (ИГУ) Арнольд Иоганович Серд⁷ спросил: «Куда идёшь работать?» Я ответил: «В геологосъёмку не берут, так что пойду в “Байкалкварцсамоцветы”». Он тут же парировал: «Завтра в 10.00 ко мне в кабинет!». Профессор Георгий Алексеевич Кузнецов, тоже член комиссии, предложил поступить на работу в Институт земной коры СО АН СССР в лабораторию тектоники к Семёну Матвеевичу Замараеву⁸ («если в геологосъёмочной экспедиции не получится»). У меня, конечно, была мысль о научной работе, но я считал, что сначала необходимо поработать на производстве, набрать собственные геологические материалы, получить полноценный опыт полевых исследований, как это делали наши наставники в университете.

На следующий день после защиты диплома мечта исполнилась: меня зачислили в Иркутскую геологосъёмочную экспедицию, определили в геологосъёмочную партию. И после завершения двухмесячных военных сборов (по специальности «Химическая защита», полученной на военной кафедре ИГУ) я 1 августа 1973 года вылетел в Бодайбо. Дальше – на АН-2 в посёлок Бульбухта, где базировалась Ченчинская партия нашей экспедиции. Начальником партии был Анатолий Николаевич Потороченко, главным геологом – Борис Иванович Дорожков.

Предстояла пятидесятитысячная геологическая групповая съёмка с составлением геологических карт и карт закономерностей формирования полезных ископаемых. В процессе работ поисковыми отрядами проводилось геохимическое и шлиховое опробование, а я в составе съёмочного отряда сразу пошёл в геологические маршруты. В конце сезона я уже работал автономно, в результате полностью самостоятельно составил первый свой пятидесятитысячный лист карты. Руководители приняли работу без исправлений.

– Ваши представления о работе в производственной организации совпали с действительностью? Не разочаровала ли Вас реальность?

⁷ Арнольд Иоганович Серд (1910–2001) – главный инженер Иркутского геологического управления; в 1940-е годы – главный геолог комбината «Востсибуголь».

⁸ Семён Матвеевич Замараев (1928–1984) – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией тектоники и структурной геологии Института земной коры СО АН СССР, лауреат премии Совета министров СССР.

– Меня не пугали трудности полевых работ – с этим не было никаких проблем. А в том, что касается заинтересованности в предмете исследований, многое зависит от самого человека. В первом своём производственном отчёте Ченчинской партии я полностью написал раздел «Тектоника». Увлёкся этим направлением, стал читать научную литературу по тектонофизике – как деформируются породы при различных напряжениях, какие трещины и складки образуются и так далее. В университете этому не учили. Но особенность университетского образования в том и состоит, что выпускники умеют учиться, заниматься самообразованием. На первых порах мне дал толчок один из коллег, а остальное сделали книги. За первую зиму я так подковался, что на второй полевой сезон полностью изменил систему наблюдений.

В чем, собственно, состояли мои нововведения? Ясно, что от точности полевых наблюдений и степени детальности, с которой фиксируешь увиденное, зависят последующая интерпретация фактов и справедливость выводов. Например, когда мы изучаем разломы, нужно разбираться в особенностях трещин, образовавшихся в коренных породах. Если трещины исследовать правильно, можно понять, куда двигались блоки земной коры и учесть это при рисовке карты. Необходимы массовые замеры ориентировки трещин. Однако одновременно надо отмечать их морфологию (трещины бывают сколовые, отрывные), наличие гидротермального выполнения и учитывать их взаимоотношения. В итоге мы рисуем сферограмму трещиноватости пород, которую можно адекватно интерпретировать благодаря дифференцированному подходу к разнохарактерным трещинам.

Технически наши банки данных выглядели, конечно, несовершенно. В начале 1970-х годов вошло в моду использовать не полевые дневники, а перфокарты. Мы на них записывали информацию, кодировали их и сшивали чтобы потом расшить. Компьютеры заменяла картотека в коробке. Библиографические списки тоже были на перфокартах. Но начало собственных исследований было положено. И с районом повезло – геология Патомского нагорья очень интересная.

Тот первый отчёт с моим разделом по тектонике мы защищали на научно-техническом совете Иркутского геологического управления. И рецензент, который предварительно его проанализировал, пришёл со мной знакомиться – так ему понра-

вилась моя глава. Это был главный геолог Иркутской опытно-методической экспедиции. В дальнейшем по инициативе руководства я даже ездил в две экспедиции с лекциями и рассказывал коллегам о рациональной системе полевых наблюдений и их интерпретации. Мне было тогда всего 26 лет. И такое начало меня вдохновило.

– Вы упомянули, что ваши преподаватели в Иркутском университете обратились к научной и преподавательской работе только после обретения практического опыта полевой геологии, и вам нравился такой подход. Но в итоге вы защитили диссертацию, не оставляя работы в Иркутской геолого-съёмочной экспедиции?

– Когда я так успешно написал свой раздел в первом производственном отчёте, мне сразу сказали: «Эта работа может стать основой кандидатской диссертации». Но тогда я об этом не думал всерьёз. Просто продолжал собирать материалы. Три года работал в Ченчинской съёмочной партии, год в Чарской, затем мне поручили геологическое руководство сложной Туюканской партией к северо-западу от Бодайбо.

В камеральный период я обобщал материалы. Первый научный доклад (по результатам работы Ченчинской партии) мне удалось представить в 1975 году в Институте земной коры на конференции молодых научных сотрудников по геологии и геофизике Восточной Сибири. Потом я ежегодно участвовал в этой конференции и конференциях Института геохимии имени А. П. Виноградова СО РАН. В Институт земной коры меня периодически приглашали перейти работать, убеждая, что материала для защиты кандидатской диссертации уже достаточно. Последовало приглашение поступить и в аспирантуру Института геологии и геохронологии докембрия АН СССР. Но я не стал менять свою судьбу и продолжил работу в Иркутске. Завершив работу в Ченчинской партии, считал, что у меня ещё недостаточно материала для защиты и надо отработать вторую площадь – в Туюканской съёмочной партии. Первый год я был там начальником отряда, затем стал старшим геологом Туюканской съёмочной партии, руководившим всем геологическим процессом. Работали в отдалённом таёжном районе, куда добраться можно только на вертолёте, а перемещаться исключительно на оленях.

В 1979 и 1980 годах я ездил в Ленинград во ВСЕГЕИ на курсы повышения квалификации: там давали полезную для съёмщиков информа-

цию. Этот период был отмечен важным обстоятельством: развернулась научная дискуссия относительно последовательности формирования комплексов горных пород Байкало-Патомского нагорья. Я располагал огромным фактическим материалом, и моя интерпретация геологических фактов отличалась от выдвинутой московскими учёными – докторами геолого-минералогических наук Валентином Сергеевичем Федоровским⁹ из ГИН АН СССР и Сергеем Петровичем Кориковским¹⁰ из ИГЕМ АН СССР. Совместно с коллегами из Иркутской геолого-съёмочной экспедиции мы писали статьи в научные журналы, выступали на совещаниях, аргументируя свою точку зрения. Последнее совещание состоялось в 1982 году в Москве в ГИНе под председательством академика Виктора Ефимовича Хаина¹¹. Академик заслушал доклады (я выступал последним) и вопреки ожиданиям наших оппонентов закончил заседание безо всякого резюме.

Эта дискуссия способствовала активизации моей научной работы, и в 1984 году я защитил кандидатскую диссертацию «Закономерности формирования линейной складчатости северной части Байкало-Патомского нагорья», став шестнадцатым кандидатом наук в Иркутской геолого-съёмочной экспедиции, в которой трудилось 700 инженерно-технических работников. В производственной среде серьёзные занятия научной работой – скорее исключение. Пятнадцать моих коллег готовили свои диссертации в рамках специальных тематических работ, только мне удалось написать диссертацию в процессе съёмочной работы.

– В вашем послужном списке множество открытий: Витимский железорудный и Тонодский олово-вольфрамовый районы, ряд золоторудных

⁹ Валентин Сергеевич Федоровский (1931–2020) – доктор геолого-минералогических наук (1982), исследователь стратиграфии, геологии и тектоники метаморфических комплексов раннего докембрия и фанерозоя, тектоники и геодинамики коллизионных систем.

¹⁰ Сергей Петрович Кориковский (1936–2018) – член-корреспондент РАН (1997), специалист по парагенетическому анализу кристаллических комплексов, лауреат премии имени Д. С. Коржинского (2007).

¹¹ Виктор Ефимович Хаин (2014–2009) – академик АН СССР и РАН, геолог-тектонист, историк геологии, лауреат Государственной премии СССР (1987) и Государственной премии РФ.



Рис. 8. Старший геолог Туюканской геолого-съёмочной партии А. И. Иванов и начальник партии И. Н. Байбородин перед маршрутом. 1980 г.

месторождений и месторождений неметаллических полезных ископаемых, перспективных рудопоявлений золота, олова, вольфрама, молибдена... Наверное, вы знаете ответ на этот вопрос: от чего зависит успех геолога-поисковика? Решает его величество случай?

– Я думаю, геолог-поисковик должен быть внимательным и просто хорошо выполнять свою работу – интересоваться самыми разными ископаемыми, не пропускать признаки их присутствия на исследуемом участке. Приведу несколько примеров из своей практики.

В первый же сезон работы в геолого-съёмочной Туюканской партии мы «зацепили» железную руду и обосновали, что здесь может быть серьёзный объект. После этого нам выделили целевое финансирование на поиски железа и параллельно с Туюканской геолого-съёмочной партией начала работать поисковая Язовская партия на поиски железных руд, в которой я также руководил

геологическими работами. Суммарно получился единый крупный коллектив: в 1980 году в поле работали 12 отрядов, всего было 120 человек. Для вскрытия рудных тел и изучения геологического строения мы проходили со взрывом большой объём канав – так было пройдено 50 000 м³. Поэтому только для проходки канав (средняя производительность на одного горняка – 1000 м³ за сезон) потребовалось задействовать 50 горняков. Моя задача как старшего геолога обеих партий на этом этапе состояла в контроле и координации действий товарищей. В 1980 году полевые работы Туюканская партия завершила, в 1981 и 1982 годах полевые работы проводила одна Язовская партия, в результате чего и был оконтурен Витимский железорудный район.

Отмечу: при двухсоттысячной геологической съёмке находки железистых кварцитов в этом районе были и прежде, но их не рассматривали как руду. Предшественники выявили только квар-



Рис. 9. Старший геолог Туяканской геолого-съёмочной партии А. И. Иванов, геологи С. Н. Рожок и Т. М. Страхова обсуждают план полевых работ. 1980 г.

циты в хорошей обнажённости, бедные железом, слабо метаморфизованные. Мы же искали в закрытых местах, с использованием комплекса методов: шлиховое опробование плюс магниторазведка. На этой территории сплошь пихтовый лес и трава по пояс, выходов горных пород не было. Увидеть камни можно было либо там, где выкопал нору наш мохнатый друг, либо на корнях вывороченных деревьев. Решающее значение имела находка в шлихах обильного магнетита – мы поняли, что взяли верный след и сгустили маршруты.

Весной 1982 года успешно прошла защита отчёта Туяканской партии, в процессе написания которого я пришёл к выводу, что эта территория перспективна также на выявление и оловорудных объектов, и соответствующие рекомендации бы-

ли приведены в отчете. Я определил перспективный участок, отдешифровал чёрно-белые аэрофотоснимки и выделил потенциально рудную зону. В заключительный полевой сезон Язовской партии (1982 г.) мы с моим другом и коллегой Сергеем Николаевичем Рожком¹² заверили эти рекомендации – через предполагаемую рудную зону прошли серию копушей с отбором шлихов, которые я сам обрабатывал и делал минералогический анализ (пригодился мой верхоянский опыт). В итоге выделили шлиховой касситеритовый ореол, совпавший с предварительно выделенной

¹² Сергей Николаевич Рожок – заслуженный геолог России (2012), руководитель Иркутского филиала ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Сибирскому федеральному округу».

рудной зоной, а затем в маршрутах подняли рудные камни, срочно вскрыли рудную зону канавами и, таким образом, нашли рудопоявление олова с богатыми рудами, которому дали название «Находка» (такое символическое название имела вершина, на склоне которой обнаружено рудопоявление). Так был выявлен первый оловорудный объект Тонодского рудного района. С 1983 года начали поисковые работы на олово. Работала Тонодская поисковая партия, где я на первом этапе был старшим геологом, а затем передал бразды правления С. Н. Рожку. В результате поисковых работ нашли целую серию рудопоявлений, средних по потенциальным запасам, но руды олова богатые. Они будут ждать своей очереди – когда стране дополнительно понадобится этот металл.

Для меня очень важной была работа в тематической Патомской партии, которая анализировала всю территорию Патомского нагорья на предмет присутствия рудопоявлений олова и вольфрама. В итоге мы выделили перспективные участки и «зацепили» руду вольфрамового рудопоявления скарного типа – этот тип в Бодайбинском районе не был известен. Впоследствии там были найдены хорошие проявления, одно из них Догалдынское, другое – Марининский вольфрамитовый объект (сейчас там планируются оценочные работы). В 1980-е годы я ещё принимал участие в работе специальной комиссии ПГО «Иркутскгеология» – мы ездили по экспедициям, которые вели геологическую съёмку в масштабе 1 : 50 000, проводили приёмку полевых и камеральных материалов, выдавали полевые задания.

В 1987 году по всей стране происходило объединение геологоразведочных экспедиций в целях их укрупнения. Иркутская геолого-съёмочная экспедиция была объединена с Мегетской геофизической экспедицией, в результате чего была образована Прибайкальская экспедиция. А меня в 1988 году перевели в опытно-методическую экспедицию на должность ведущего геолога для геологического руководства шестнадцатью тематическими партиями – на алмазы, золото, железо, уран, слюду и так далее. Между тем наступил 1991 год – последний год в истории Советского Союза. Мы с коллегами начали новую тему – искали оловянно-вольфрамовые объекты в Бодайбинском золоторудном районе, выявили шлиховые ореолы касситерита и обнаружили рудопоявление олова Юдовое там, где никто в мыслях

не держал, – между золоторудными месторождениями Сухой Лог и Ыканское.

Но наступил 1992 год, 1 января наша опытно-методическая экспедиция прекратила существование и все сотрудники перешли на «вольные хлеба».

– Как вы пережили переломный этап в судьбе отечественной геологоразведочной отрасли в 1990-е годы? Вопреки обстоятельствам вы и многие ваши коллеги сохранили себя в профессии, благодаря чему полного разрыва поколений в российской геологии не произошло и удалось сохранить преемственность. Чего это стоило?

– Самое плохое то, что в начале 1990-х годов во многих ликвидированных или сокращаемых экспедициях были уничтожены богатейшие фонды – геологические коллекции, шлихи, отчёты, выброшены библиотеки... Кое-что из выбрасываемого удалось спасти, но очень мало.

В этот переломный период в издательстве «Недра» уже находилась в работе рукопись моей книги «Докембрий Патомского нагорья» – написать её меня уговорил доктор геолого-минералогических наук Виктор Давидович Мац, считавший, что это основа моей будущей докторской диссертации. Он работал в Иркутском политехническом институте и пригласил меня читать студентам два курса – «Геологическая съёмка и геологическое картирование» и «Структурная геология». Книгу мы затеяли ещё и для того, чтобы поставить точку в долгом споре с московскими оппонентами. В. Д. Мац был её ответственным редактором, из-за сложностей издательства она вышла в свет только в 1995 году. В книге «Докембрий Патомского нагорья» много нового, охвачены материалы по Бодайбинскому и Мамско-Чуйскому районам Иркутской области, обобщена вся имевшаяся информация – рассмотрена геология Байкало-Патома с реальных позиций. Книга стала востребованной, когда отечественная геология ожила. А тогда, в начале 1990-х, нужно было понять, как жить дальше. И я организовал ЗАО «Офит».

Из Опытной-методической и Прибайкальской экспедиций в ЗАО «Офит» пришли ценные кадры – 15 геологов. Сначала мы сотрудничали с ПГО «Иркутскгеология», готовя на договорной основе отчёты по прекращённым работам. Вторым проектом стала работа с поделочными камнями (нефритом, кальцитом, серпентинитом): мы получили лицензию и организовали камнерезный цех, закупили шлифовальную технику, пригласили

художника, занимались изготовлением каменных подсвечников, шахмат, различных изделий. Но рентабельность была низкой. Для того чтобы поддержать свои семьи, мы в 1995 году открыли магазин бытовой химии, реализовавший продукцию Ангарского завода. Геологи стояли за прилавками, работали товароведами, грузчиками. И только к 1999 году мы стали постепенно возвращать всех коллег в геологию. Так, коммерческое направление помогло выживать в 1990-е годы. Но параллельно мы каждый полевой сезон вели поисковые работы.

Сохранить себя в профессии позволяли договоры на поисковые работы с администрациями Бодайбинского района и Иркутской области. В Бодайбинском районе мы нашли Светловское рудное поле. Проанализировали возможности выявления месторождений золота в Присяянье. В России с 1997 года был образован Целевой бюджетный фонд воспроизводства минерально-сырьевой базы, который слагался в том числе из средств каждого добывающего предприятия, предназначенных для налоговых выплат. Эти деньги государство у предприятий не забирало, но обязывало вкладывать их в геологоразведочные работы. Для того чтобы освоить целевые средства, предприятия приглашали субподрядчиков, в том числе ЗАО «Офит». Например, Тулунский стекольный завод использовал месторождение кварцитов, находившееся в непосредственной близости от предприятия, и образовавшийся карьер стал угрозой дальнейшей работе. Мы провели сейсмические работы и обосновали возможность расширения контура карьера и продолжения добычи сырья.

В рамках тех же работ по Целевому бюджетному фонду воспроизводства МСБ мы вели договор со старателями в Мараканском районе. В их лицензионном соглашении было записано, что они обязаны изучить комплексную россыпь, в которой помимо золота есть попутные компоненты – олово и вольфрам (касситерит и шеелит). Мы оценили рентабельность добычи, разведали золотую россыпь для дальнейших разработок. В том же 1997 году мы с коллегами организовали ЗАО «Сибирская геологическая компания» (ныне ООО «СИБ ГК»).

В числе достижений Сибирской геологической компании – обеспечение минерально-сырьевой базы для градообразующего предприятия – крупного завода ООО «Кнауф Гипс Байкал» в Нукутском районе Иркутской области. Наличие сырья было ключевым условием начала строительства

завода, для работы которого помимо имеющегося месторождения необходимо было крупное месторождение более высококачественного гипсового камня. И я прогнозировал такое месторождение с содержанием гипса более 80 %. ООО «СИБ ГК» затем провела геологоразведочные работы с бурением, завершившиеся защитой запасов в 20 млн т в 2004 году. Сотрудничество с производителями новых материалов-утеплителей, востребованных в городском строительстве, – один из ярких моментов нашей с коллегами работы. За заслуги по внедрению новых энергосберегающих технологий строительства и передовых систем фирмы «Кнауф» я даже удостоен звания «Почётный строитель Российской Федерации».

С научной точки зрения более всего интересны успешные поиски золоторудных месторождений, проведённые Сибирской геологической компанией. После открытия в Бодайбинском районе четырёх крупных месторождений золота – Сухой Лог, Высочайшее, Вернинское и Невское – считалось, что в этом районе золоторудных месторождений больше нет. Поиски 1970–1980-х годов не увенчались успехом. То есть к моменту начала работ Сибирской геологической компании ожидания были исчерпаны. Однако скептики ошибались. Благодаря нашим успешным поискам теперь есть месторождения Ожерелье, Ыканское, Угахан, Спектральное, Дорожное, Верхне-Тунгусское, на которых уже построены карьеры и проводятся добычные работы. Кроме того, проводятся оценочные работы с хорошими результатами на выявленных нами объектах: на трёх в Бодайбинском рудном районе – Атырканском, Кудускитском и Мало-Тунгусском, а также на трёх в южной части Бодайбинского административного района – Ветвистом, Довгакитском, Джалагунском. Таким образом, в «копилку» страны в целом на Патомском нагорье усилиями «СИБ ГК» добавлено 13 золоторудных объектов. Кроме того, в 2004–2008 гг. по Государственному контракту «СИБ ГК» проведены в Восточном Саяне «Поисково-оценочные работы на рудное золото в пределах Аройского рудного поля Монкресс-Хайламинского рудного узла (Иркутская область)», в результате выявлено золоторудное месторождение Аройское, на котором подсчитаны и поставлены на Государственный баланс запасы рудного золота и серебра.

С 2004 года ООО «СИБ ГК» работало по государственным контрактам за средства федераль-



Рис. 10. Руководитель Сибирской геологической компании А. И. Иванов с коллегами на полевых работах в Иркутской области. 2010 г.

ного бюджета, выполняя собственными силами весь комплекс геологоразведочных работ – геологических, геохимических, геофизических, горных и буровых.

– *Вы исследуете месторождения золота с начала 1990-х годов, и эта тема стала для вас центральной. Расскажите, пожалуйста, о новом этапе вашей научной работы, который начался на рубеже XX и XXI веков и продолжается сегодня.*

– Первооткрыватель золоторудного месторождения Сухой Лог Владимир Афанасьевич Буряк¹³ считал, что коренные месторождения золота образуются только в зонах низкого метамор-

физма и связаны с зеленосланцевой фацией, так как золото мигрирует из зон высокого метаморфизма и откладывается при более низких температурах. Я не согласился с этой теорией, потому что имеющиеся у меня обширные данные свидетельствуют о других закономерностях. Доказательством служат находки новых золоторудных месторождений – девять из перечисленных выше выявлены в зонах высокого метаморфизма. Кроме того, мне удалось обосновать необходимость изменения традиционной для СССР методики поисков – когда основным методом считался геохимический, применяемый повсеместно независимо от конкретных ландшафтных условий изучаемых участков. На основе анализа материалов, а затем и посредством проведения опытных работ нам удалось показать, что на большей части территории региона коренные породы и, соответственно, рудные зоны и их геохимические орео-

¹³ Владимир Афанасьевич Буряк (1932–2003) – доктор геолого-минералогических наук, первооткрыватель крупнейшего золоторудного месторождения Сухой Лог, лауреат Ленинской премии.

лы перекрыты чехлом дальнепринесных «пустых» рыхлых отложений. Поэтому традиционное геохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния с отбором проб на глубине 20–40 см характеризует только перекрывающие породы и не может выявить рудные объекты в таких условиях. Кроме того, повсеместное развитие на обширных пространствах многолетней мерзлоты и мощный мохово-гумусовый (почвенный) слой не дают возможности в геологическом маршруте даже «выкопать» каменный материал, то есть они совершенно неэффективны. Поэтому была разработана «Методика поисков золоторудных месторождений в сложных ландшафтных условиях», основанная на необходимости применения горных выработок и буровых скважин для вскрытия, изучения и опробования делювиально-элювиальных отложений «ближнего сноса». Именно применение этой методики и привело к открытию большинства новых золоторудных объектов при работах «СИБ ГК».

С 2004 года, когда «СИБ ГК» приступила к выполнению поисковых и оценочных работ по государственным контрактам за счёт средств федерального бюджета, началось постоянное взаимодействие с сотрудниками ЦНИГРИ, выполнявшими методическое сопровождение работ на золото. В первую очередь мы взаимодействовали с Виктором Дмитриевичем Конкиным¹⁴, Алексеем Гордеевичем Волчковым¹⁵ и Сергеем Сероповичем Вартапяном¹⁶ – знающими авторитетными специалистами, рекомендации которых при проведении работ были весьма весомыми. Поскольку «СИБ ГК» практически каждый госконтракт завершала с положительными результатами, у нас с коллегами из ЦНИГРИ сложились хорошие профессиональные и человеческие взаимоотношения. Я познакомился и регулярно общался с ди-

ректором ЦНИГРИ Игорем Федоровичем Мигачёвым¹⁷ и его заместителем Анатолием Ивановичем Кривцовым¹⁸.

В 2005 году я возобновил публикацию своих научных данных, прерванную в 1995 году в связи с ослаблением связей с научными институтами и общей тяжёлой ситуацией в геологоразведке (в практическом плане я исследовательскую работу не прерывал), начал участвовать в научных конференциях с изложением собственных выводов о закономерностях формирования золоторудных месторождений в Бодайбинском рудном районе и рациональной методике их поисков. А так как эти выводы уже были подкреплены открытием новых месторождений, их поддержали и специалисты ЦНИГРИ. Через несколько лет я стал задумываться о написании докторской диссертации, и к окончательному решению меня подвели настоятельные рекомендации Игоря Фёдоровича Мигачева, Анатолия Ивановича Кривцова и Виктора Дмитриевича Конкина.

Диссертацию на тему «Золотоносность Байкало-Патомской металлогенической провинции» мне удалось написать довольно быстро, так как, по существу, все материалы были готовы. На этапе её «шлифовки» важную и конструктивную помощь оказали цнигровцы Георгий Владимирович Ручкин¹⁹ и Валерий Александрович Нарсеев²⁰, на последнем этапе подключился и Анатолий Иванович Кривцов. Защита состоялась в 2010 году

¹⁷ Игорь Фёдорович Мигачёв – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник ЦНИГРИ, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Министерства геологии СССР, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почётный разведчик недр, в 1989–2012 гг. – директор ЦНИГРИ.

¹⁸ Анатолий Иванович Кривцов (1933–2010) – доктор геолого-минералогических наук, исследователь полиметаллических месторождений, заслуженный деятель науки РСФСР, первооткрыватель рудного района на Урале, лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии Министерства геологии СССР, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почётный разведчик недр.

¹⁹ Георгий Владимирович Ручкин (1940–2017) – доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почётный разведчик недр.

²⁰ Валерий Александрович Нарсеев (1932–2018) – доктор геолого-минералогических наук, специалист в области прогноза, поисков и оценки месторождений редких и благородных металлов, лауреат Государственной премии СССР, Почётный разведчик недр – директор ЦНИГРИ в 1980–1988 гг.

¹⁴ Виктор Дмитриевич Конкин – доктор геолого-минералогических наук, исследователь полиметаллических месторождений, Почётный разведчик недр.

¹⁵ Алексей Гордеевич Волчков – кандидат геолого-минералогических наук, исследователь полиметаллических и золоторудных месторождений, заслуженный геолог РФ, лауреат премии Министерства геологии СССР, Почётный разведчик недр.

¹⁶ Сергей Серопович Вартапян – кандидат геолого-минералогических наук, исследователь золоторудных месторождений, заслуженный геолог РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почётный разведчик недр.

и прошла успешно, а в 2014 году основные положения работы вошли в мою монографию «Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы)» под реакцией Валерия Александровича Нарсеева. И диссертация, и монография помимо собственно научной части – обоснования полигенности и полихронности золотого оруденения – содержат важную практическую составляющую – обоснование методики поисков золоторудных объектов в сложных ландшафтных условиях.

– В начале 2010-х годов в Вашей судьбе произошло поворотное событие – Вы начали работать в ЦНИГРИ и вскоре возглавили институт. Это было сложное решение в непростое время?

В 2012 году новый директор ЦНИГРИ Борис Константинович Михайлов²¹ предложил мне стать первым заместителем. Я дал своё согласие по двум причинам: с одной стороны, мне хотелось помочь в работе Борису Константиновичу, которого я очень уважал и понимал, что ему будет трудно, потому что он не имел «директорского опыта»; с другой стороны, очень интересно работать в ЦНИГРИ, который занимается изучением геологии всей страны. После отставки Бориса Константиновича в 2015 году мне пришлось согласиться на должность директора, хотя было понятно, что грядут сложные времена: в связи с прекращением финансирования ЦНИГРИ по госконтрактам и планированием его передачи в состав Росгеологии, будущее научно-исследовательского института «не просматривалось». На 2016 год финансирование, по сути, отсутствовало и пришлось приложить значительные усилия для того, чтобы в противовес проекту перехода ЦНИГРИ в Росгеологию обосновать преобразование института в ФГБУ (Федеральное государственное бюджетное учреждение) с финансированием за счёт государственной субсидии. В 2016 и 2017 годы мы были вынуждены работать на субподряде у ФГБУ «ВИМС» и лишь весной 2018 года окончательно стали ФГБУ «ЦНИГРИ».

– Благодаря Вашим с коллегами усилиям ЦНИГРИ остался одним из лидеров отечественной отраслевой науки. Международная научно-практическая конференция «Геология, прогноз,

поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов», которую ежегодно организует ЦНИГРИ, – важнейшая площадка для развития диалога между отраслевой, академической наукой и производственными организациями, диалога, без которого невозможно развитие профессионального сообщества, не так ли?

– Наша апрельская конференция проходит вскоре после Дня геолога и воспринимается всеми участниками как продолжение профессионального праздника. С каждым годом круг людей, приезжающих представить свои новые данные и принять участие в дискуссиях, расширяется. В работе Международной конференции в ЦНИГРИ традиционно принимают участие более двухсот геологов из России, Китая, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Кыргызии, Азербайджана и других дружественных стран. Наш институт полностью берёт на себя её организацию – это вклад ЦНИГРИ, одного из ведущих учреждений Роснедр, в упрочение горизонтальных связей профессионального сообщества. Приезжает много молодых геологов, которые пришли в профессию относительно недавно, и теперь их присутствие – залог того, что преемственность в исследованиях отечественных геологов сохраняется, и наши научные достижения интересны зарубежным коллегам.

Шесть лет назад Совет молодых учёных и специалистов нашего института организовал Молодёжную научно-образовательную конференцию «Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов – от прогноза к добыче», которая теперь преобразована в Рудную школу ЦНИГРИ. Лекторами Рудной школы в разные годы становились крупные учёные. В их числе академик РАН, профессор НГУ Николай Петрович Похиленко²², профессор МГУ Эрнст Максавич Спиридонов²³, профессор РАН Павел Юрье-

²¹ Борис Константинович Михайлов (1950–2020) – канд. экономических наук, заслуженный геолог РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почётный разведчик недр. В 2012–2015 гг. – директор ЦНИГРИ.

²² Николай Петрович Похиленко – доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, профессор Новосибирского государственного университета, в 2007–2017 гг. – директор Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, с 2017 г. – его научный руководитель.

²³ Эрнст Максавич Спиридонов – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, лауреат премии Президента Российской Федерации в области образования, почётный член Российского и Болгарского минералогических обществ, открыл и описал 21 минеральный вид.



Рис. 11. Рассмотрение результатов ГРП по объектам госзаказа на секции НТС Роснедр. За столом – эксперты С. А. Аксёнов, В. А. Москалёв, А. И. Иванов, Б. М. Михайлов, С. С. Вартамян, А. Г. Волчков. ЦНИГРИ. 2019 г.

вич Плечов²⁴ и другие замечательные геологи. А слушатели – молодые исследователи из разных регионов России. Я сам на каждой Рудной школе читаю лекции о том, как правильно работать, чтобы найти руду. В 2026 году тема моей лекции – «Новые возможности при поисках золотого оруденения». Во второй части Рудной школы звучат доклады молодых участников. Ребята, обучающиеся в аспирантуре нашего института по специальности «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения», пробуют свои силы, выступая спикерами на секционных заседаниях. Так что вслед за Международной научно-практической конференцией «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» и Рудная школа ЦНИГРИ становится ценной отраслевой

традицией, площадкой для диалога геологов разных поколений.

Геологическая секция Учёного Совета ЦНИГРИ систематически проводит для сотрудников института семинар, посвящённый актуальным темам рудной геологии. Это ещё одна традиция вовлечения молодёжи в научную жизнь: первые семинары в рамках Геологического кружка ЦНИГРИ состоялись в середине 1950-х годов и организовал их научный сотрудник института, знаменитый исследователь золоторудных месторождений Урала, Башкирии, Казахстана и ртутных месторождений Горного Алтая Николай Иванович Бородаевский²⁵. Сейчас научные семинары ЦНИГРИ курирует опытейший сотрудник института, доктор геолого-минералогических наук Игорь Фёдорович Мигачёв.

²⁴ Павел Юрьевич Плечов – доктор геолого-минералогических наук, специалист в области петрологии, минералогии и вулканологии, профессор геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, профессор РАН, директор Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана (с 2016 г.).

²⁵ Николай Иванович Бородаевский (1907–1989) – выпускник МГРИ им. С. Орджоникидзе, доктор геолого-минералогических наук, известный исследователь золоторудных полей и месторождений, первооткрыватель трёх месторождений, Почётный разведчик недр.

Геологи старшего поколения хорошо понимают, что полноценный обмен опытом невозможен без живого общения. И, не умаляя значения научных форумов, скажу, что преемственность в исследованиях сохраняется только при условии тесного взаимодействия опытных и молодых геологов во время полевых работ и в период подготовки к полю. Собственно, мы стараемся развить у молодых геологов умение увидеть главное в геологическом маршруте – признаки возможного оруденения, проявления гидротермальных и метасоматических процессов. Мы убедились, что молодые специалисты растут, когда начинают работать самостоятельно и при этом имеют возможность консультироваться с опытными коллегами. В ЦНИГРИ яркий пример живой связи поколений – работа отдела цветных металлов под началом Владимира Вениаминовича Кузнецова. Он каждый год ездит в поле и такой стиль работы многое даёт его молодым коллегам. Я доволен тем, что сам работал в поле вместе с геологами ЦНИГРИ Дмитрием Александровичем Шумилиным и Владиславом Евгеньевичем Васюковым в 2013–2014 годах, старался передать им свой опыт, а теперь они знающие люди и могут успешно обучать молодых коллег. В 2021 году я ездил в поле на Кольский полуостров вместе с нашими молодыми геологами Владиславом Васильевичем Меркуловым и Полиной Никодимовной Лейбгам и вижу, что совместная работа была полезна для них. Из геологов среднего поколения хорошо работают с молодёжью заместитель генерального директора Булат Батуевич Дамдинов (с момента прихода в ЦНИГРИ в 2024 году он участвует в полевых работах в Бурятии), Антон Николаевич Краснов²⁷.

²⁶ Владимир Вениаминович Кузнецов – кандидат геолого-минералогических наук, исследователь полиметаллических месторождений, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почётный разведчик недр.

²⁷ Антон Николаевич Краснов – начальник отдела экзогенных месторождений благородных металлов.

– Журнал «Отечественная геология» в продолжение почти вековой традиции, заведённой редакцией, публикует материалы по истории науки, статьи об учёных-геологах. И Вы как главный редактор издания всемерно поддерживаете эту деятельность. Как Вы полагаете, разговор о жизни и работе геологов может показаться интересен не только профессиональному сообществу, но и более широкой аудитории и послужить задачам популяризации геологии?

– Мы с коллегами в ЦНИГРИ тоже хотели бы узнать ответ на этот вопрос, поэтому регулярно принимаем участие во Всероссийском конкурсе на премию имени академика А. В. Сидоренко «За лучшую популяризацию профессии геолога», представляя книги, написанные геологами ЦНИГРИ и изданные нашим институтом. Многие из этих книг отмечены жюри конкурса. А с 2022 года мы выпускаем особую книжную серию «Учёные ЦНИГРИ», размещая книги в открытом доступе. Их всегда выкладывают также на портале «Геокнига» – значит, интерес к судьбам учёных-рудников существует.

Было бы интересно, если бы Всероссийская организация «Ветеран-геологоразведчик» и руководство Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского объединили усилия и организовали презентации книг лауреатов конкурса имени академика А. В. Сидоренко «За лучшую популяризацию профессии геолога», приглашали на эти встречи с авторами школьников с учителями и родителями, студентов, парламентариев, представителей геологоразведочных компаний – самый широкий круг потенциальных читателей, людей, с которыми связано будущее геологоразведочной отрасли России.

*Беседовала научный сотрудник
ФГБУ «ЦНИГРИ»
Е. В. Сидорова*

Накануне золотого века геологии: документальные свидетельства первых полевых исследований Ленской экспедиции НИГРИЗолото–ЦНИГРИ

К 90-летию Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов

Аннотация. В год 90-летия ЦНИГРИ, внесшего значительный вклад в изучение золотоносности Патомского нагорья, представлены архивные материалы о начале полевых исследований в Ленском районе – работе геолого-геоморфологических и петрографической партий института в бассейнах рек Кадали, Бодайбо, Аунакит, Анангра, Вача, Ныгри в 1939 году. В числе цитируемых документов – критические отзывы академика В. А. Обручева и профессора Д. И. Щербакова на геологические отчёты сотрудников НИГРИЗолото, а также личные дневники старшего коллектора одной из партий, писателя П. Н. Лукницкого, фиксировавшего объективные трудности полевых работ. Публикуемые материалы позволяют восстановить исторический контекст организации геологоразведочных работ на рубеже 1930–1940-х годов и проанализировать предпосылки быстрого роста профессионального уровня геологов первого поколения НИГРИЗолото–ЦНИГРИ.

Ключевые слова: НИГРИЗолото–ЦНИГРИ, особенности отечественных геологоразведочных работ в 1930-е годы, региональные геолого-геоморфологические исследования, Ленский золотоносный район, бассейн реки Кадали, В. А. Обручев, формирование кадрового потенциала геологоразведочной отрасли.

СИДОРОВА ЕВГЕНИЯ ВИКТОРОВНА, кандидат биологических наук, научный сотрудник, sidorova@tsnigri.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

On the eve of the “golden age of geology”: Documentary evidence of the first field studies fulfilled by the Lena Expedition of NIGRIZoloto-TsNIGRI.

On the 90th Anniversary of the Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals

E. V. SIDOROVA

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TsNIGRI"), Moscow

Abstract. In the year of the 90th Anniversary of TsNIGRI, the institute that made a significant contribution to researching the gold-bearing potential of the Patom Highlands in Eastern Siberia, we present archival materials on the commencement of field studies in the Lena region, on the work of the institute's geological-geomorphological parties and the petrographical one in the basins of the Kadali, Bodaibo, Aunakit, Anangra, Vacha, and Nygri rivers, conducted in 1939. The documents cited include, in particular, critical reviews of the geological reports of NIGRIZoloto specialists, presented by Academician V. A. Obruchev and Professor D. I. Shcherbakov, as well as the personal diaries of writer P.N. Luknitsky, who was then a Senior Collector of one of the parties and who recorded the objective difficulties of the fieldwork. The published materials allow us to reconstruct the historical context of the geological exploration at the turn of the 1930s and 1940s and to analyze the prerequisite for the rapid growth of professional skills of the first generation of geologists at NIGRIZoloto-TsNIGRI.

Key words: NIGRIZoloto-TsNIGRI, characteristics of Soviet geological exploration in the 1930s, regional geological and geomorphological studies, Lena gold-bearing region, Kadali River basin, V. A. Obruchev, development of human resources in the geological exploration industry.



Рис. 1. Геолого-геоморфологическая партия Ленской экспедиции НИГРИЗолото. Маршрут по руслу реки Кадали. Август 1939 г. Фото П. Н. Лукницкого. Из архива С. Г. Мирчинк

Для геологов и специалистов, изучающих историю развития отечественных геологоразведочных работ, особый интерес представляет период 1930–1950-х годов, когда закладывались фундаментальные основы будущего золотого века советской геологии. Ведущим направлением работы Научно-исследовательского геологоразведочного института золотой промышленности (НИГРИЗолото)¹, созданного в СССР в 1935 году, стали региональные геолого-геоморфологические исследования, начатые в важнейших золотоносных районах страны – Ленском, Енисейском, Уральском, Восточно-Забайкальском [2].

¹ НИГРИЗолото был учреждён в 1935 году как отдел в системе Всесоюзного золотоплатинового геологоразведочного треста «Золоторазведка», с 1936 года стал самостоятельным научно-исследовательским институтом, в 1957 году НИГРИЗолото присвоено название Центральный научно-исследовательский институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ).

Задачей первостепенной важности было изучение россыпных месторождений – их генезиса, состава и морфологии, геоморфологии и стратиграфии [15]. Ленская экспедиция НИГРИЗолото, учреждённая по инициативе первого руководителя исследований геологии россыпей Валериана Константиновича Флёрова (1894–1941), приступила к работе в 1938 году, через год состоялся первый полевой сезон. В фондах ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ЦНИГРИ) хранятся отчёты о пионерных работах сотрудников НИГРИЗолото в Ленском золотоносном районе в 1930–1950-е годы. Слабая оснащённость, низкие технические возможности проведения исследований в то время не помешали специалистам собрать бесценный материал, востребованный спустя десятилетия (рис. 1). Как это стало возможным? Обратимся к документальным свидетельствам пионерных работ института.

В ЦНИГРИ хранятся не только научные отчёты Ленской экспедиции НИГРИЗолото, но и отзывы на них крупных учёных, прежде всего академика В. А. Обручева, который курировал развитие нового института. Помимо этого мы получили доступ к документам, в которых путь геологов Ленской экспедиции в район исследований и работа геолого-геоморфологической партии НИГРИЗолото в бассейне р. Кадали [7] описаны день за днём, – а именно к личным дневникам старшего коллектора П. Н. Лукницкого, хранящимся в фондах Института русской литературы (ИРЛИ). Дело в том, что помимо выполнения вменявшихся ему обязанностей, в том числе фотофиксации объектов геолого-геоморфологических исследований, Павел Николаевич Лукницкий кропотливо собирал документальный материал для своих будущих литературных произведений. Сразу отмечу, что повесть о работе советских геологов на золотой Лене П. Н. Лукницкий так и не написал, поэтому большинство его заметок 1939 года, цитируемых в настоящей статье, публикуется впервые².

Несколько слов о том, как удалось подтвердить участие писателя П. Н. Лукницкого в работе Ленской экспедиции НИГРИЗолото. Авторство фотографий в итоговом геологическом отчёте за 1939 год, пунктуально указанное начальником кадалинской партии Софьей Георгиевной Мирчинк, позволило сопоставить факты и выяснить, что известный советский путешественник, член Союза писателей с 1934 года, автор многих книг, в том числе романа «Путешествие по Памиру», сценария фильма «Нисо», фронтального дневника военкора «Ленинград действует...» Павел Николаевич Лукницкий и коллектор полевой партии НИГРИЗолото – одно и то же лицо. К участию в полевых работах в бассейне реки Кадали его пригласил руководитель Ленской экспедиции Георгий Лазаревич Юдин, вместе с которым они были в Памирской экспедиции 1930 года. Г. Л. Юдин стал героем книг П. Н. Лукницкого «Памир без легенд» (1930) и «Путешествие по Памиру» (1955). Сделав это маленькое открытие, мы обнаружили, что и Софья Георгиевна Мирчинк с коллегами по кадалинской партии, начальник бодайбинской геолого-

геоморфологической партии Алексей Рафаилович Бурачек, начальник петрографической партии Ленской экспедиции НИГРИЗолото Надежда Сергеевна Каткова, их работа летом 1939 года, трудности полевой жизни описаны в литературных дневниках названного автора, приобщённых к его личному архивному фонду в ИРЛИ. Таким образом, обратившись с запросом в архив ИРЛИ (Пушкинского дома в Санкт-Петербурге) и изучив дневники П. Н. Лукницкого, мы получили редкую возможность восстановить обстоятельства исследований НИГРИЗолото 85-летней давности.

Документальные материалы 1939–1940 годов, которыми располагает ФГБУ «ЦНИГРИ», позволяют на конкретном примере увидеть работу геологов государственного учреждения, ведущих сложный интеллектуальный поиск во имя укрепления минерально-сырьевой базы страны и при этом поставленных в бытовые обстоятельства, резко осложняющие выполнение поставленных задач. Пройдёт не более двух десятилетий, и ситуация изменится благодаря всемерной государственной поддержке, но необходимо помнить: фундамент золотого века отечественной геологии закладывался людьми особого отношения к профессии, исследователями-энтузиастами.

Итоги полевого сезона Ленской экспедиции 1939 года. Шёл четвёртый год работы НИГРИЗолото как самостоятельного научно-исследовательского института в системе Всесоюзного золотоплатинового геологоразведочного треста «Золоторазведка», и с его проектами были связаны большие ожидания руководства отрасли. Коллектив только что учреждённой Ленской экспедиции очень молод – большинству сотрудников нет тридцати лет, и они воодушевлены оказанным им доверием и масштабом ответственных задач. Отсутствие практического полевого опыта компенсировалось хорошей теоретической подготовкой, полученной ими в вузе благодаря обучению у знаменитых профессоров (например, в МГРИ им. С. Орджоникидзе преподавали лидер отечественной научной школы поисков и разведки полезных ископаемых В. М. Крейтер, крупнейший знаток геологии Урала Е. А. Кузнецов, один из создателей московской научной школы геологов-четвертичников Г. Ф. Мирчинк), целеустремлённостью и щепетильностью в работе. С большим вниманием за исследованиями, нача-

² Некоторые заметки из рукописных дневников П. Н. Лукницкого 1938 года процитированы в книге его супруги В. К. Лукницкой «Перед тобой земля». Лениздат, 1988 г.

тыми НИГРИЗолото, следил академик В. А. Обручев [11], который в конце XIX–начале XX вв. одним из первых изучал генезис россыпей Ленского района [10, 13]. Для геологов НИГРИЗолото кураторство В. А. Обручева было великолепной школой ответственного отношения к делу, общение с ним повышало научный уровень исследований. Примечательно, что в вопросе генезиса четвертичных отложений, перекрывавших золотые россыпи Ленского района, геологи института некоторое время расходились с академиком: он считал их продуктом ледниковой деятельности [12], а специалистам Ленской экспедиции во главе с Г. Л. Юдиным была ближе точка зрения профессора А. К. Мейстера³ [2], полагавшего, что эти отложения образовались в результате склоновых процессов в условиях вечной мерзлоты [6].

Исследования Ленской экспедиции начались с систематизации и анализа большого архивного материала, находившегося в распоряжении треста «Лензолото», и литературных данных. В 1938 году под руководством Г. Л. Юдина подготовлено геолого-экономическое описание Ленского золотоносного района с геолого-промышленными характеристиками всех объектов треста «Лензолото» и анализом их сырьевой базы. На следующий год сотрудники НИГРИЗолото провели в южной части района геоморфологическую съёмку, дополненную некоторыми тематическими исследованиями [9].

Летом 1939 года к работе приступили три партии Ленской экспедиции. В период с 7 июля по 19 августа А. Р. Бурачек с двумя рабочими из числа местных жителей провёл геолого-геоморфологические исследования верховьев рек Бодайбо, Анангра, Анаукит и Вача, результатом которых стали геологическая и геоморфологическая карты для площади 470 км² в масштабе 1 : 50 000 (тема № 41) [1]. С 10 июля по 18 августа С. Г. Мирчинк с коллекторами П. Н. Лукницким, Л. А. Казанской и двумя рабочими, нанятыми на Артёмовском прииске, провела аналогичные исследования в долине реки Кадали на площади 350 км² и составила геологическую

и геоморфологическую карты «на одновёрстной основе» (тема № 41) [7]. Петрографическое изучение материалов геологической съёмки обеих партий провела сотрудница НИГРИЗолото Л. Ф. Айнберг. Кроме того, по поручению треста «Лензолото» партии под началом петрографа Н. С. Катковой предстояло руководить геологоразведочными работами на рудное золото по месторождению ключа Верного. Сотрудники НИГРИЗолото были готовы вовремя приступить к своим обязанностям, но из-за большого опоздания начала работ треста и сворачивания их объёма пришлось корректировать программу исследований. За полтора месяца маленький коллектив, состоявший из геолога Н. С. Катковой и коллектора Ю. Казанского, провёл геолого-петрографическое описание месторождения ключа Верного и прилегающего района бассейна реки Ныгри (тема № 83) [5], получив новые данные.

1 мая 1940 года А. Р. Бурачек, Н. С. Каткова и С. Г. Мирчинк представили отчёты по итогам проведённых исследований. Результаты изысканий Л. Ф. Айнберг были включены в отчёт А. Р. Бурачека в виде отдельной главы. Рецензентом во всех случаях выступил академик Владимир Афанасьевич Обручев. Обратимся к его отзывам на труд геологов НИГРИЗолото. В связи с вышеозначенной дискуссией о генезисе четвертичных отложений Ленского района особенно интересен стиль обсуждения представленных результатов, избранный учёным, сыгравшим выдающуюся роль в становлении и развитии отечественной геологической науки.

В. А. Обручев провёл строгий разбор ошибок, без скидок на возраст исследователей, но со всей корректностью и уважением к коллегам. Технические недочёты (как правило, связанные с недостаточной аккуратностью исполнения рисунков и схем, по-видимому, в силу ограниченности времени) он каждый раз подробно перечислял в начале отзыва, а затем переходил к «замечаниям относительно текста».

Прежде всего, академик отметил ценность новых материалов. Например, в отзыве на отчёт А. Р. Бурачека «Геолого-геоморфологические исследования в верховьях рр. Бодайбо, Аунакита, Анангры и Вачи» он написал: «Этот труд даёт хорошее понятие о рельефе, геологическом составе и тектонике района, обнимающего ту часть хр. Кропоткина, т.е. Ленско-Витимского водораздела, в которой расположены вер-

³ Александр Карлович Мейстер (1865–1938) – учёный-геолог, петрограф, минералог, директор Геолкома в 1918–1921 гг., доктор геолого-минералогических наук. В 1938 г. репрессирован в связи с арестом брата Георгия Карловича Мейстера, академика ВАСХНИЛ.

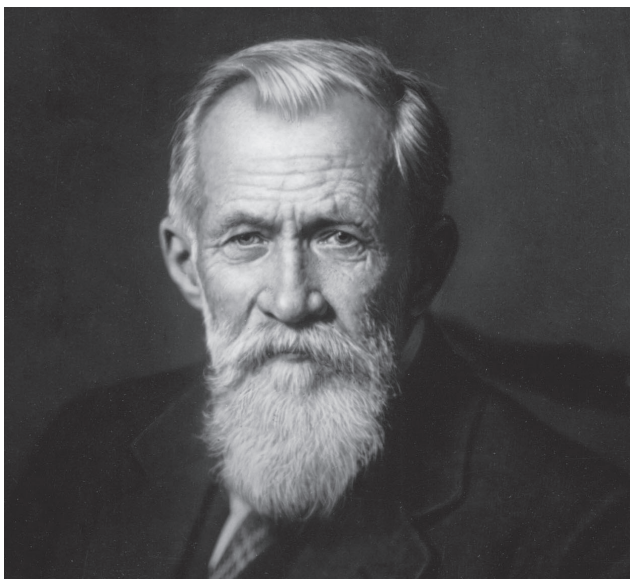


Рис. 2. В. А. Обручев. Фото из архива ГИН РАН (ОИГ № 5040)

ховья рек Бодайбо, Анангры, Анаукита и Вачи и значительно дополняет наши сведения о ней, полученные при исследованиях Ленской геологической партии 35–40 лет тому назад...». В частности А. Р. Бурачек представил данные о старых и новых работах на россыпях района, о террасах, ортах, мощности наносов, благодаря которым стало ясно: прежняя слабая золотодобыча в бассейнах рек Аунакит, Вача, Анангра, соседних с верховьями реки Бодайбо и сложенных теми же пиритизированными метаморфическими породами, обусловлена тем, что в разведку и разработку не были вовлечены глубокие долинны россыпи. Как отметил в своём отзыве В. А. Обручев, мелкие золотопромышленники не располагали средствами для глубокой разведки и шахтовых работ. Но на новом этапе А. Р. Бурачек предложил скорректировать направления дальнейших поисково-разведочных работ. Автор отчёта и академик едины в том, что важную задачу будущих разведок должно составить опробование кварцевых жил и коренных пород в бассейне Анангры и Аунакита.

Комментируя недостатки защищаемого А. Р. Бурачком отчёта, который «не лишён некоторых ошибок, пробелов и спорных положений» (но их «в большинстве случаев легко исправить согласно нашим замечаниям»), В. А. Обручев

указал на главный пробел – отсутствие отдельного подробного описания четвертичных отложений и их генезиса, а также обсуждения генезиса золотоносных россыпей. Пробелом в главе «Направление дальнейших поисково-разведочных работ» он посчитал отсутствие указаний на необходимость разведать остатки аллювиальных отложений на более высоких террасах и «на поверхности уступов уровней размыва более древних этапов». В. А. Обручев предложил на этих высотах заложить шурфы и убедиться, нарастает ли концентрации золота в аллювии по мере углубления эрозии и размыва вышележащих россыпей (рис. 2).

Обсуждая на страницах отчётов полученные материалы, сотрудники НИГРИЗолото сопоставляли свои данные и данные пионеров изучения Ленского района и по ряду вопросов по сути полемизировали с ними – в том числе с самим В. А. Обручевым. Вот подобный эпизод в отчёте А. Р. Бурачека: «В истории четвертичного покрова Герасимов и Обручев уделяют большое место ледниковому происхождению большей части четвертичных отложений. В этой части их работы имеет место недооценка участия других факторов: отложения наносов реками, делювиальным переносом материалов, солифлюкционными процессами. Напомним, однако, что термин «делювий» вообще отсутствовал в то время, когда Обручев и Герасимов производили свои исследования, равно как и представление о солифлюкционных процессах находилось в зачаточном состоянии...». Разбирая достоинства и недостатки анализа полученных коллегами данных, Владимир Афанасьевич также останавливался на спорных вопросах и в ответ предлагал конструктивные шаги для их разрешения. Так, указывая на отсутствие описания четвертичных отложений в отчёте А. Р. Бурачека, Обручев продолжает: «...Так как автор признает хотя бы некоторое оледенение района, то было бы интересно знать, как он представляет себе стратиграфию четвертичных отложений в связи с процессами аккумуляции и эрозии <...> Наличие ясных следов последнего оледенения в этом районе, обнимающем самые высокие части страны, заставляет высказать пожелание, чтобы при проектируемых разведках было обращено достаточное внимание на состав четвертичных отложений, так как именно в этом районе могут существовать толщи двух основных морен послед-



Рис. 3. Река Кадали ниже устья реки Кадаликан. Общий вид обнажений известковистых сланцев. 1939 г. Фото П. Н. Лукницкого. Из отчёта № 545 в фонде ФГБУ «ЦНИГРИ»

него и максимального оледенений, разделённые толщей межледниковых наносов».

Тексты отзывов на научно-производственные отчёты Ленской экспедиции НИГРИЗолото 1940 года свидетельствуют: рецензент стремится стимулировать рост молодых исполнителей, помочь развитию их исследовательского потенциала, в немалой степени зависящего от умения анализировать и сопоставлять собственные данные и собранные предшественниками. Например, отчёт Н. С. Катковой «Геолого-петрографическое описание месторождения кл. Верного и прилегающего района бассейна р. Ныгри» оценивали два опытных геолога – академик В. А. Обручев и профессор Д. И. Щербаков (в то время заведующий сектором минералогии и геохимии Института геологических наук АН СССР), и оба рецензента при

благожелательной оценке отчёта указали на недостаточное привлечение автором литературных данных и слабое владение методикой сравнительного анализа.

Выпускница МГРИ им. С. Орджоникидзе 1938 года С. Г. Мирчинк в своём отчёте «Геолого-геоморфологические исследования в бассейне реки Кадали» опрометчиво начала главу об истории исследования района с оценочного суждения об изысканиях А. П. Кропоткина и В. А. Обручева в Ленском районе во второй половине XIX века: «Эти исследования носили рекогносцировочный маршрутный характер и не дали ничего определённого о геологии района». На её высказывание В. А. Обручев откликнулся так: «Эти слова показывают, что автор совершенно не знаком с этими работами и отзыв его глубоко несправедлив». И далее конспективно указал на основные результаты пионерных исследований Ленского района. Затем подробно разбирая пробелы отчёта кадалинской партии, он вновь вернулся к вопросу о генезисе четвертичных отложений Ленского золотоносного района. «Вообще нужно сказать, что молодые исследователи Ленского района, отвергая его оледенение, вынуждены объяснять генезис четвертичных отложений, заполняющих дно долин и слагающих террасы, прибегая к различным малоубедительным и плохо разъясняемым предположениям. И автор, описывая историю развития долин Кадаликана и Кадали, говорит в очень неопределённой форме об интенсивном врезании, а затем заполнении долин со сменой эпох размыва и аккумуляции сначала иловато-глинисто-валунно-галечными, а затем песчано-галечными толщами (рис. 3).

Софья Георгиевна Мирчинк впервые в жизни назначена начальником полевой партии летом 1939 года. Геолого-геоморфологические исследования долин рек Кадали и Кадаликан – задача сложная и для опытного геолога, не говоря уже о вчерашней студентке, не работавшей в таёжных районах. Она была единственным геологом в маленькой партии и несла груз великой ответственности со всей самоотдачей, проводя в маршрутах по 10–12 часов в день почти в любую погоду, а вечерами сверяясь с привезёнными в поле книгами по геологии Ленского района. Подобный момент боевого крещения знаком, вероятно, многим геологам. В довершение ко всему рецензентом С. Г. Мирчинк стал В. А. Обручев,



Рис. 4. Река Кадали, обнажение песчаных сланцев. Хорошо виден кливаж. Фото П. Н. Лукницкого. Из отчёта № 545 в фонде ФГБУ «ЦНИГРИ»

отлично знавший район исследований, и отзыв на её труд несмотря на общую положительную оценку, изобилует критическими замечаниями. В частности, в нижнем течении р. Кадали автором отмечены не все жилы керсантина, неудовлетворительно исследована часть низового ущелья р. Кадали ниже устья р. Кадаликан и др. (рис. 4).

Обратимся к документам, которые могут объяснить причины пробелов в отчёте кадалинской геолого-геоморфологической партии Ленской экспедиции НИГРИЗолото 1940 года.

Факты, не освещаемые в геологических отчётах. П. Н. Лукницкий, неоднократно участвовавший в экспедициях на Памир, никогда прежде не работал в Восточной Сибири и был настроен позитивно: «Душа лежит к странствию. Материал

будет новый, интересный...»⁴. Впервые в Ленский район командировали и геологов НИГРИЗолото. Три месяца спустя в дневнике коллектора кадалинской геолого-геоморфологической партии появилась запись: «Нам не хватало таёжного опыта. Теперь мы знаем, как надо ездить, как организовывать... везёт, что у нас все благополучно. Могло быть и иначе...»⁵. Сопоставляя отчёты НИГРИЗолото 1939 года с дневниковыми за-

⁴ П. Н. Лукницкий. Экспедиция на Лену. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 25. 19.05.1939 г.

⁵ П. Н. Лукницкий. Кадаликанский отряд Ленской геолого-геоморфологической партии. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 27. 18.08.1939 г.

писями рядового участника полевых работ, мы можем объективно оценить высокую себестоимость труда геологов и добытых ими материалов. Интерес представляет и частная информация о том, как организовывались геологоразведочные работы в системе треста «Золоторазведка» в конце 1930-х годов.

Предварительная подготовка к полевым работам включала закупку необходимых для работы вещей и продовольствия, что было возложено на П. Н. Лукницкого и молодого геолога, коллектора петрографической партии института Юрия Казанского. «Мотание по городу, тщетные попытки купить приличные записные книжки, проявитель для ФЭДа⁶. Гипосульфит, гущённое молоко, кофе или какао, сколько-нибудь приличные концентрированные продукты, бидон, сковородку, перочинный нож с колечком и пр., и пр. Всего этого нет в продаже. Избегай хоть всю Москву. Вчера вечером с огромным трудом купил 2 головки сыра. Дают только по ½ кило. В одном магазине все же уговорил заведующего силой бумажек с печатью и пробил документы».⁷

Не без труда куплены билеты на поезд Москва–Иркутск («хлопochу о билетах – достать невозможно: очереди переселенцев на Дальний Восток»⁸) – в этом вопросе руководителю Ленской экспедиции Г. Л. Юдину пришлось попросить содействия директора НИГРИЗолото О. А. Дубровского⁹.

Путь до места работы у отряда НИГРИЗолото занял почти месяц. Пять дней – поезд Москва–Иркутск (10–15 июня), затем пятидневная организационная остановка в Иркутске (16–20 июня) с проживанием в гостинице «Горняк». «...Номер забронирован по телеграмме. Здесь люди ждут по несколько дней, живут на вокзале...»¹⁰, – записал в дневнике П. Н. Лукницкий. Из Иркутска восемь дней (20–22 июня) добирались по реке

Ангаре до Заярска на колесном пароходе «Ульянов», билеты на который получены благодаря имеющемуся у Лукницкого удостоверению Союза писателей («удалось "обговорить" начальника политотдела пароходства, парторга и начальника пристани»¹¹). Следующий отрезок пути длиной 270 км преодолели за 13 часов на грузовых машинах Государственного всесоюзного транспортного треста «Золототранс» по тракту Заярск–Усть-Кут с ночёвкой (22–23 июня). «В Усть-Куте народ ждёт счастья попасть на пароход неделями, раскинувшись гигантским станом, укрывшись кто чем, живя на берегу...»¹². Но отряду НИГРИЗолото повезло: отправлялся пароход от Ленского управления речного пароходства, который обычно ходил по Якутской линии. Девять дней плыли на пароходе «Сталин» по рекам Лена и Витим до Бодайбо (23 июня–2 июля). Посвятив пять дней решению организационных задач в Бодайбо («начальник Золотоснаба» распорядился «выдать 30 кг сахара, ящик мясных и ящик рыбных консервов бригаде писателей и экспедиции "НИГРИЗолото"»¹³), геологи отправились на поезде по узкоколейной железной дороге на прииск Артемовский (7 июля) и, получив здесь наряды на продовольствие, продолжили путешествие по узкоколейке на прииск Весенний, а оттуда на автомашине – в пункт назначения прииск Кропоткинский. Прибыли поздно вечером 8 июня 1939 года.

Расходы на дорогу в район исследований (билеты, проживание, оплата погрузка и хранения багажа, питание людей и др.) превысили 2000 рублей. О том, сколько сил отняла дорога «в поле», свидетельствует дневник П. Н. Лукницкого, начатый 10 июня и законченный 10 июля 1939 года. Вот лишь один эпизод. «Золототранс. Начальник – бухгалтерского вида плотный мужчина. Мои документы действуют. Об отдельной машине не может быть и речи. У нас план – 14 000 [кг] груза, машины только трехтонки. А отправить вас – отправим сегодня же, по одному. В кабину шоферы разделят ваш груз на 4 машины <...> Итак, ожи-

⁶ ФЭД – серия советских фотоаппаратов

⁷ П. Н. Лукницкий. Экспедиция на Лену. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 25. 3.06.1939 г.

⁸ П. Н. Лукницкий. Экспедиция на Лену. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 25. 5.06.1939 г.

⁹ Ошер Абрамович Дубровский (1908 г.р.) – директор НИГРИЗолото в 1938–1940 гг.

¹⁰ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 15.06.1939 г.

¹¹ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 17.06.1939 г.

¹² П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 23.06.1939 г.

¹³ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 2.07.1939 г.

дание. Мучительно, ибо – жара, жажда, голод (ничего не ели с утра), мошкара. Уйти нельзя – ждём машин. Их в гараже десятки. Но начинается безобразия. Диспетчер, юноша скромный, ссориться с шоферами не хочет, а они не хотят брать “казенных пассажиров”, предпочитая заработки “с левой стороны”... В 4-м часу отправляю наконец Н. С. [Каткову]. Через 1 ½ часа Лиду [Казанцеву] в 6 вечера на первой машине выезжаю сам., оставив позади себя только Юру Казанцева. Машина, как и все другие, гружена мукой...»¹⁴. Добавим, что грузовик, на котором ехала Н. С. Каткова, на 13-м километре сломался, и в ожидании шофера, который поехал за запчастями, она «просидела в машине без воды и еды, в тайге 7 часов»¹³.

Начальник кадалинской геолого-геоморфологической партии НИГРИЗолото С. Г. Мирчинк приехала в Бодайбинский район для работы с материалами треста «Лензолото» раньше основного отряда и теперь, когда коллеги прибыли, торопилась начать полевые работы. Между тем 9 июля (последний день перед выездом в поле) выяснилось крайне неприятное обстоятельство: оружие, необходимое при полевых работах в тайге, геологи НИГРИЗолото не получают. «...Попытки достать ружья, винтовку и припасы не удалось. А нач. спецсектора, отказывая («не имею права без разрешения Бодайбо»), предупреждает: «в тайге обязательно встретите медведей», да и люди ещё великий сброд, ни один год не обходится без грабежей и убийств»¹⁵. Уже не оставалось времени нанять в качестве рабочего партии кого-то из местных охотников, как это сделал другой геоморфолог НИГРИЗолото А. Р. Бурачек, прибывший на место 25 июня и начавший работы 7 июля. В дневнике П. Н. Лукницкого тревожная запись: «Мы идём без какого бы ни было оружия...»¹⁴.

При скудных запасах провизии, отпущенной геологам на полтора месяца полевых исследований, возможность охотиться для пропитания была важным условием работоспособности партии. Не получив оружия, кадалинский отряд этой возможности лишился. «...Путешествовать по тайге без ружья не только нельзя, но и глупо:

дичь кругом, птицы много, а мы сидели без мяса¹⁶», – сетует П. Н. Лукницкий в своём дневнике. Основной пищей сотрудников Ленской экспедиции НИГРИЗолото на протяжении полевого сезона была гречневая или рисовая крупа, белковую пищу (сыр, консервированный паштет) сэкономили. Между тем проведение исследований на геологически и геоморфологически сложной территории Ленского района стоило большого напряжения сил, тем более с учётом большого объёма запланированных работ. Вот несколько строчек о режиме дня кадалинской партии из «Краткой датировки записей предыдущей тетради»¹⁷.

«11 июля 1939 г. Маршрут на левый склон долины Кадаликана; до водораздела; по водоразделу; спуск к прииску Ненастный...Выехали 8 утра, вернулись в 9 веч. В пути: 13 часов (без еды).

12 июля 1939 г. Маршрут в верховья Кадаликана. Выехали в 8 утра, вернулись 8.30. В пути 12 ½ часов, без еды.

20 июля 1939 г. Маршрут по долине Кадаликана, от устья до прииска Ненастный, подъём на тракт, возвращение по тракту. ЛК в лагере, больна. Выехали в 7 ½, вернулись в 6. В пути 10 ½ часов. Проходящие дожди.

21 июля 1939 г. Маршрут на водораздел между оз. Лепринда и ключом Александровским. Выехали в 7 ½, вернулись 18. В пути 12 ½ часов. Скверное самочувствие.

22 июля. Маршрут к озеру... (буровая разведка), затем к озеру Лепринда и вокруг Лепринды. Открыто нами озерко. Выехали в 7 ½, вернулись в 9 вечера. В пути – 13 ½ часов. Вторая половина пути под проливным дождём».

22-м июля датирована следующая запись в дневнике П. Н. Лукницкого: «...Попробовали одолеть голец – по другому берегу, обрадовавшись редкому лесу. Но, проехав немного, забрались в такую чащу, что продраться сквозь неё абсолютно невозможно ни верхом, ни пешком – путь перегораживали баррикады упавших, перекрещенных стволов, сквозь которые сплош-

¹⁴ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 22.06.1939 г.

¹⁵ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 9.07.1939 г.

¹⁶ П. Н. Лукницкий. Кадаликанский отряд Ленской геолого-геоморфологической партии. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 27. 18.08.1939 г.

¹⁷ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 28. 8.08.1939 г.

ной стеной рос тонкий лиственничный лес метра в три-четыре высоты. Промучавшись около часа (штаны, рубашка – в лохмотьях, лицо и руки – в царапинах), повернули вниз, долго-долго боролись с зарослями, оберегая глаза, и, наконец, сильно спустившись, направились к озеру Леprinда (рис. 5). Теперь одно "удовольствие" сменилось другим: мы попали в топи. Увязая в них, проваливаясь по брюхо, кони двигались с трудом. Шли так часа два. Наконец сухой холм. Несколько раз попались остатки древней песчаной террасы – пески, на них сосна. Пески – доказательство древней долины...»¹⁸

Жизнь маленького коллектива в глухой тайге непроста, и успех работы геологов во многом зависит от личности руководителя, его умения ладить с людьми, взаимного доверия и уважения. В этом отношении очень показателен комментарий коллектора П. Н. Лукницкого о начальнике кадалинской партии, вчерашней студентке С. Г. Мирчинк: «С. Г. привычна ко всему, закалена, держится спартански, обливается вечерами (сырыми и холодными) холодной водой, не боится мошкеры, встаёт раньше всех, одета легко и аккуратно. Всегда спокойна, очень благовоспитанна и вежлива, а со своими коллекторами обращается, как с драгоценными вазами. Эти дни она нервничает (про себя), ибо геология района ей ещё не ясна, работа движется медленнее, чем хотелось бы...»¹⁹

17 августа – в один из последних дней полевых работ – П. Н. Лукницкий записал: «В отличном настроении возвращаемся в лагерь. Устали так, что не хочется, сесть у палаток, снимать амуниции, идти мыться, даже двигаться не хочется. Маршрута – 10 часов, сделали километров 50. Кони замучены вконец, завтра ехать на них нельзя...»

Особый акцент в личных дневниках коллектора кадалинской партии и даже во введении геологических отчётов всех трёх партий НИГРИЗолото, проводивших в Бодайбинском районе полевые исследования летом 1939 го-

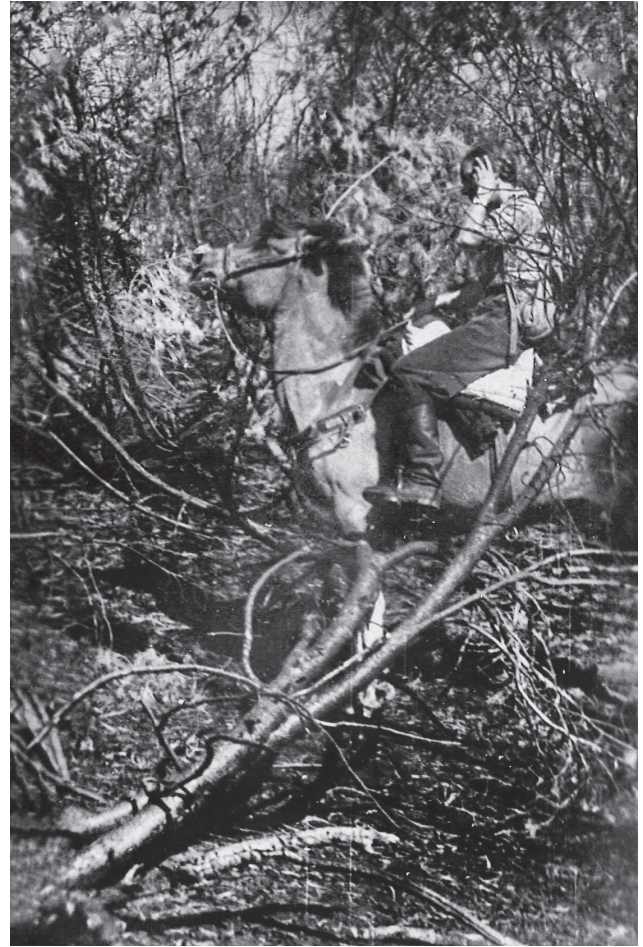


Рис. 5. Начальник геоморфологической партии НИГРИЗолото С. Г. Мирчинк в первом полевом маршруте 1939 года в чаще кедровника. Фото П. Н. Лукницкого. Из архива С. Г. Мирчинк

да, сделан на недостаточной укомплектованности геологических партий лошадьми – практически единственным транспортным средством геологоразведочных отрядов вплоть до середины 1950-х годов. На отсутствие лошадей для работы петрографической партии пожаловалась в своём отчёте Н. С. Каткова. В кадалинской партии при перемещении базового лагеря геологам приходилось по очереди идти пешком. Как пишет П. Н. Лукницкий, «нас пятеро: С. Мирчинк, Лида, я, рабочий и его сын. Лошадей 5 скверных. Одна в двуколку, одна под вьюком... Не хватает, минимум, 3 лошадей. Снаряжение отвратительное, ломанные седла, гнилые, притом некомплектные. Мне седло даже без крышки... (жёсткая смета, в ней всего

¹⁸ П. Н. Лукницкий. Кадаликанский отряд Ленской геолого-геоморфологической партии. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 27. 22.07.1939 г.

¹⁹ П. Н. Лукницкий. Кадаликанский отряд Ленской геолого-геоморфологической партии. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 27. 13.07.1939 г.



Рис. 6. Начальник кадалинской полевой партии Ленской экспедиции НИГРИЗолото С. Г. Мирчинк и коллектор партии П. Н. Лукницкий. Патомское нагорье. Июль 1939 г. Фото П. Н. Лукницкого. Из архива С. Г. Мирчинк

3 лошади!)»²⁰. Недостаточны и запасы корма для лошадей: «...Кони почти не идут, они измучены и голодны – овса почти не даём. Получили только 100 кг в Мухинске²¹...»²². А. Р. Бурачек отметил факт непроизводительного удлинения ежедневных маршрутов из-за удалённости мест с подножным кормом для лошадей, что «при глубоко рас-

членённом рельефе и плохих дорогах приводило к переутомлению лошадей»²³. После таких переездов, заботясь о сохранении работоспособности животных, он не раз ездил в маршруты один, без сопровождения рабочих, вынужденно нарушая технику безопасности при работе в тайге. В итоге им сформулировано следующее предложение: «В Ленской тайге при глубоко расчленённом рельефе, удалённости продовольственных и фуражных баз и редкости участков с подножным кормом, следует укомплектовывать партии из расчёта двух лошадей на одного человека»²³.

²⁰ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 10.07.1939 г.

²¹ На перевалочной базе в Мухинске кадалинская геолого-геоморфологическая партия находилась 18–19 июля, запись о корме лошадей сделана месяц спустя.

²² П. Н. Лукницкий. Кадаликанский отряд Ленской геолого-геоморфологической партии. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 27. 17.08.1939 г.

²³ А. Р. Бурачек. Геолого-геоморфологические исследования в верховьях рр. Бодайбо, Аунакита, Анангры и Вачи. 1940 г. Фонды ЦНИГРИ. Отчёт № 544, с. 12.

Вышеописанные бытовые обстоятельства, дожди и похолодание, не предусмотренные и не учтённые в плане полевых работ, не повлияли на решимость геологов Ленской экспедиции провести исследования в полном объёме. По крайней мере, они приложили для этого все силы.

Из дневника П. Н. Лукницкого: «Вышли в 8.30, вернулись в 20.30. Из лагеря маршрут № 2 в верховья Кадаликана. Утром дождь. Дорога по болоту. Комары. Сетки. Истома. Солнце. В 10 ½ отметка 170 м выше лагеря <...> Весь день холодно, надеваю на себя кожаную куртку – мой альпийский сюртук. А С. Г. героически не натягивает на себя плаща <...> 3.40. Мы на вершине. С. Г. присела под кусточек, пишет. А я наколот образцы кварца <...> Высота 1291 м н. у. м. ... Выходы коренных пород. С. Г. измеряет простирание: „Наконец-то хоть одно обнажение есть... Приятно, а то все закрыто кругом“ <...> Овод укусил меня в шею. У Лиды пухнет лоб. У Со ни ничто не пухнет. Она обхаживает обнажение компасом, как жених невесту... Проводит карандашом. Почесав руки, покусанные комарами, опять берётся за компас и так его, и этак, и торчком, и бочком прикладывает к серому замшелому камню. И думает притом очень сосредоточенно...»²⁴ (рис. 6).

Непременные условия золотого века геологии.

Полевые исследования 1939 года в Ленском районе стали для большинства их участников прологом к дальнейшей большой работе. Подводя итоги первого десятилетия деятельности НИГРИЗолото, В. А. Обручев, подчеркнул значимость исследований А. Р. Бурачека, Н. С. Катковой, С. Г. Мирчинк и их коллег для понимания геологии, геоморфологии, структуры и оруденения Ленского золотоносного района [11].

В 1946 году Алексей Рафаилович Бурачек (1898–1953) защитил кандидатскую диссертацию «Золотоносные погребённые долины Патомско-Витимского нагорья» (рис. 7). Он продолжал трудиться в составе Ленской экспедиции до конца жизни, и данные его исследований включены в знаменитый двухтомник ЦНИГРИ «Ленский золотоносный район» (1971), на страницах книги множество ссылок на его работы [4]. Но этим не исчерпывается его вклад в научную работу института и развитие геолого-



Рис. 7. Геоморфолог НИГРИЗолото А. Р. Бурачек. 1941 г.

разведочной отрасли. Одним из крупных проектов НИГРИЗолото, в котором активно участвовал геоморфолог А. Р. Бурачек (он имел довольно значительный опыт исследований в Таджикистане и Узбекистане в первой половине 1930-х годов), было создание принципов составления сводных карт золотоносности и платиноносности различных масштабов, включая соответствующие инструкции и легенды, предназначенные к применению предприятиями золотой промышленности СССР. А. Р. Бурачек работал над составлением первой Карты золотоносности и платиноносности СССР масштаба 1 : 1 000 000 (1951), подготовленной специалистами НИГРИЗолото под руководством одного из организаторов советской геологической службы Е. Т. Шаталова [11]. Наконец в многотомнике «Геология СССР» (1972) под ред. академика А. В. Сидоренко авторы разделов, посвящённых геологии Таджикской и Узбекской ССР, активно цитируют работы А. Р. Бурачека, а в более раннем издании «Геология СССР» (1959) он назван соавтором тома «Таджикская ССР».

²⁴ П. Н. Лукницкий. Ленская экспедиция. ИРЛИ. Фонд 754, опись 2, дневник № 26. 12.07.1939 г.



Рис. 8. Петрограф НИГРИЗолото Н. С. Каткова. 1941 г.

Надежда Сергеевна Каткова (1907 г.р.) (рис. 8) в годы Великой Отечественной войны вела геолого-поисковые работы в Киргизии – на южных склонах Терской-Алатау. Затем успешно работала в Институте геологии Киргизского филиала АН СССР. Она – автор публикаций по петрографии изверженных пород Тянь-Шаня, один из составителей геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 (1961), её работы вошли в список литературы томов XXIV «Таджикская ССР» (1959) и т. XXV «Киргизская ССР» (1955) монографии «Геология СССР» под редакцией П. Я. Антропова.

Софья Георгиевна Мирчинк (1913–1962) работала в Ленской экспедиции до начала Великой Отечественной войны (рис. 9). В 1942 году ею совместно с А. Р. Бурачком представлен отчёт «Геологические и геоморфологические исследования в Мариинской тайге – рельеф, геология рыхлого покрова и россыпи части бассейна рек Кии, Кузнецкий Алатау», который получил отличную оценку старшего научного сотрудника ГИН АН СССР профессора Николая Константиновича Разумовского. В 1942–1947 гг. – в период эвакуации института – С. Г. Мирчинк изучала россыпи Кузнецкого Алатау и Енисейского кря-

жа и по этим материалам подготовила кандидатскую диссертацию «История развития мезозоя и кайнозоя центральной части Южно-Енисейского кряжа и связанные с ней золотоносные россыпи», защищённую ею в 1948 году. Она блестяще применила метод минералогического анализа к расшифровке возрастных соотношений и условий формирования континентальных отложений. В дальнейшем Софья Георгиевна плодотворно работала в составе Баргузинской экспедиции НИГРИЗолото, затем – в Восточном Забайкалье.

Изучение истории развития рельефа, формирования мезозойских и кайнозойских отложений и связанных с ними россыпей центральной части Баргузинской тайги позволило геоморфологу С. Г. Мирчинк разработать первую для данного района стратиграфическую схему четвертичных отложений. Составленные ею прогнозы увенчались открытием новых месторождений, в том числе древних погребённых россыпей Баргузинского района [9]. Масштабная работа Софьи Георгиевны связана с исследованием геологического строения и золотоносности мезозойских и кайнозойских отложений Восточного Забайкалья. История формирования тектонических впадин района интересовала её в связи с поисками оруденения Балейского типа [14]. Это был этап обобщения материалов по геологии россыпей. В итоге С. Г. Мирчинк проанализировала вопросы влияния новейшей тектоники на образование россыпей [8] и разработала схему стратиграфии мезозойских отложений, выполняющих Балейский грабен и вмещающих золотое оруденение, дала их детальную литологическую характеристику. Эти материалы послужили эталоном при изучении мезозойских депрессий Восточного Забайкалья [2].

Итак, геологи НИГРИЗолото активно участвовали в созидании золотого века отечественной геологии. Обращаясь к архивным документам, освещающим более ранний исторический период, мы хотели бы напомнить о том, что времени мощной государственной поддержки советской геологоразведочной отрасли предшествовал период неустроенности, скудного финансирования геологических партий, кадрового голода. Подобные обстоятельства объективно затрудняли процесс накопления научных данных. Принято считать, что преодолевать трудности в ту эпоху помогал энтузиазм людей. Однако следует задуматься



Рис. 9. Геоморфолог НИГРИЗолото С. Г. Мирчинк. 1942 г.

о природе этого энтузиазма, свойственного истинным исследователям во все времена. Характер отзывов академика В. А. Обручева и профессора Д. И. Щербакова на отчёты молодых сотрудников и живая полемика в обсуждении полевых материалов – свидетельство того, как интеллек-

туальное взаимодействие исследователей разных поколений может служить скрепами профессионального сообщества. Взаимное уважение и совместное сохранение принципов исследовательской работы стали мощным стимулом развития человеческого капитала отечественной геолого-разведочной отрасли в те годы – её кадрового потенциала, являющегося неременным условием наступления золотого века. Судьбы сотрудников НИГРИЗолото – прекрасное тому подтверждение.

Геологов Ленской экспедиции НИГРИЗолото объединяли истинный интерес к предмету исследований и преданность профессиональным ценностям. В завершение полевого сезона 1939 года в дневнике коллектора кадалинской партии появилась запись, отражавшая общее настроение: «Мы ездили хорошо, дружно и мирно. Пусть во всём терпели нужду, и всё было плохо организовано, и с лошадьми было много мучений, и оружия не было, и недоедание, и другие лишения. Холод и вечная мокрота постоянно сопутствовали нам, но ничто не помешало ощутить красоту и величие тайги, а вера в нужность того, что делаем, нас не покидала никогда».

Автор выражает глубокую благодарность Светлане Васильевне Яблоковой, кандидату геолого-минералогических наук, сотруднику ЦНИГРИ в 1953–2020 гг. за всесторонние консультации и помощь в подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурачек А. Р.* Геолого-геоморфологические исследования в верховьях рр. Бодайбо, Аунакита, Анангры и Вачи // Отчёт № 544. – М. : НИГРИЗолото, 1940. – 157 с.
2. *Воларович Г. П.* Наука – золоту. Свидетельства современника. Учёные ЦНИГРИ и золото России. – М. : ЦНИГРИ, 1994. – С. 9.
3. *Иванов А. И., Сидорова Е. В.* Комплексная работа ЦНИГРИ в Ленском золотоносном районе: от изучения россыпей до оценки потенциала Сухого Лога // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 112–124.
4. *Казакевич Ю. П., Шер С. Д., Жаднова Т. П.* [и др.] Ленский золотоносный район. Т. 1. Стратиграфия, тектоника, магматизм и проявления коренной золотоносности // Труды ЦНИГРИ. – М. : Недра, 1971. – Вып. 85. – С. 3.
5. *Каткова Н. С.* Геолого-петрографическое описание месторождения кл. Верного и прилегающего района бассейна р. Ныгри // Отчёт № 538. – М. : НИГРИЗолото, 1940. – 108 с.
6. *Мейстер А. К.* Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Ленский золотоносный район. – 1910. – Вып. 5. – С. 86–88.
7. *Мирчинк С. Г.* Геолого-геоморфологические исследования в районе реки Кадали // Отчёт № 545. – М. : НИГРИЗолото, 1940. – 91 с.
8. *Мирчинк С. Г.* Роль молодой тектоники в пространственном размещении золотоносных россыпей // Закономерности размещения полезных ископаемых. – Т. IV. Россыпи. – М. : Госгортехиздат, 1960. – С. 30–39.
9. *Мирчинк С. Г., Шер С. Д.* (при участии Григорьевой А. И.). Геология, геоморфология и золотоносные россыпи Центральной части Баргузинской тайги. – М. : НИГРИЗолото, 1955. – 247 с.

1. *Обручев В. А.* Геологические исследования Олекминско-Витимской горной страны и её золотоносных россыпей в 1890 г. // Предварительный отчёт Восточно-Сибирского отделения ИРГО. – 1891. – Т. XXII. – С. 24–100.
2. *Обручев В. А.* Итоги и задачи научно-исследовательской работы института НИГРИЗолото // Труды Института НИГРИЗолото. – Вып. 16. – М.: Металлургиздат, 1947. – С. 11.
3. *Обручев В. А.* Ледники или грязевые потоки в Олекминско-Витимской горной стране? (Критика грязевой гипотезы А. К. Мейстера) // Геологический вестник. – 1916. – Т. 2, № 5. – С. 247–265.
4. *Обручев В. А.* О метаморфизме горных пород Олекминско-Витимской области и её причинах // Геологический вестник. – 1917–1918. – Т. 3, № 1. – С. 6.
5. *Петровская Н. В., Бернштейн П. С., Мирчинк С. Г.* Геолого-структурные, литологические и минералогические предпосылки и признаки при поисках золоторудных месторождений БалеЙского типа в Восточном Забайкалье // Труды НИГРИЗолото. – 1955. – Вып. 20. – С. 57–66.
6. *Флёров В. К.* Очередные задачи научно-исследовательских геологоразведочных работ по геологии россыпей // Советская геология. – 1938. – Т. 8, № 12. – С. 27–37.

REFERENCES

1. *Burachek A. R.* Geologo-geomorfologicheskiye issledovaniya v verkhov'yakh rr. Bodaybo, Aunakita, Anangry i Vachi [Geological and geomorphological studies in the upper reaches of the Bodaibo, Aunakita, Anangra and Vachi rivers], Otchot No. 544, Moscow, NIGRIZoloto publ., 1940, 157 p. (In Russ.)
2. *Volarovich G. P.* Nauka – zolotu. Svidetel'stva sovremennika. Uchonyye TSNIGRI i zoloto Rossii [Science for Gold. Testimonies of a Contemporary. Scientists of TsNIGRI and the Gold of Russia], Moscow, TSNIGRI publ., 1994, pp. 9. (In Russ.)
3. *Ivanov A. I., Sidorova Ye. V.* Kompleksnaya rabota TSNIGRI v Lenskom zolotonosnom rayone: ot izucheniya rossypey do otsenki potentsiala Sukhogo Loga [Integrated work of TsNIGRI in the Lensky gold-bearing region: from the study of placers to the assessment of the potential of Sukhoi Log], Otechestvennaya geologiya, 2021, No. 6, pp. 112–124. (In Russ.)
4. *Kazakevich Yu. P., Sher S. D., Zhadnova T. P.* [et al.] Lenskiy zolotonosnyy rayon. Vol. 1. Stratigrafiya, tektonika, magmatizm i proyavleniya korennoy zolotonosnosti [Lena gold-bearing region. Vol. 1. Stratigraphy, tectonics, magmatism and manifestations of primary gold content], Trudy TSNIGRI, Moscow, Nedra publ., 1971, Is. 85, pp. 3. (In Russ.)
5. *Katkova N. S.* Geologo-petrograficheskoye opisaniye mestorozhdeniya kl. Vernogo i privileyushchego rayona basseyna r. Nygri [Geological and petrographic description of the Verny spring deposit and the adjacent area of the Nygri river basin], Otchot No. 538, Moscow, NIGRIZoloto, 1940, 108 p. (In Russ.)
6. *Meyster A. K.* Geologicheskiye issledovaniya v zolotonosnykh oblastyakh Sibiri. Lenskiy zolotonosnyy rayon [Geological research in the gold-bearing regions of Siberia. Lena gold-bearing region], 1910, Is. 5, pp. 86–88. (In Russ.)
7. *Mirchink S. G.* Geologo-geomorfologicheskiye issledovaniya v rayone reki Kadali [Geological and geomorphological studies in the area of the Kadali River], Otchot No. 545, Moscow, NIGRIZoloto publ., 1940, 91 p. (In Russ.)
8. *Mirchink S. G.* Rol' molodoy tektoniki v prostranstvennom razmeshchenii zolotonosnykh rossypey [The role of young tectonics in the spatial distribution of gold placers], Zakonomernosti razmeshcheniya poleznykh iskopayemykh, T. IV. Rossypi, Moscow, Gosgortekhzizdat publ., 1960, pp. 30–39. (In Russ.)
9. *Mirchink S. G., Sher S. D., (with the participation of Grigorieva A. I.)* Geologiya, geomorfologiya i zolotonosnyye rossypi Tsentral'noy chasti Barguzinskoy taygi [Geology, geomorphology and gold placers of the central part of the Barguzin taiga], Moscow, NIGRIZoloto publ., 1955, 247 p. (In Russ.)
10. *Obruchev V. A.* Geologicheskiye issledovaniya Olokminsko-Vitimskoy gornoy strany i yeyo zolotonosnykh rossypey v 1890 g. [Geological studies of the Olyokminsko-Vitim mountainous country and its gold placers in 1890], Predvaritel'nyy otchot Vostochno-Sibirskogo otdeleniya IRGO, 1891, T. XXII, pp. 24–100. (In Russ.)
11. *Obruchev V. A.* Itogi i zadachi nauchno-issledovatel'skoy raboty instituta NIGRIZoloto [Results and tasks of the research work of the NIGRIZoloto Institute], Trudy Instituta NIGRIZoloto, Is. 16, Moscow, Metallurgizdat publ., 1947, pp. 11. (In Russ.)
12. *Obruchev V. A.* Ledniki ili gryazevyye potoki v Olekminsko-Vitimskoy gornoy strane? (Kritika gryazevoy gipotezy A. K. Meystera) [Glaciers or mudflows in the Olekminsko-Vitim mountainous region? (Criticism of the mud hypothesis of A. K. Meister)], Geologicheskiy vestnik, 1916, T. 2, No. 5, pp. 247–265. (In Russ.)
13. *Obruchev V. A.* O metamorfizme gornyykh porod Olokminsko-Vitimskoy oblasti i yeyo prichinakh [On the metamorphism of rocks in the Olyokminsko-Vitim region and its causes], Geologicheskiy vestnik, 1917–1918, V. 3, No. 1, pp. 6. (In Russ.)

14. *Petrovskaya N. V., Bernshteyn P. S., Mirchink S. G.* Geologo-strukturnyye, litologicheskiye i mineralogicheskiye predposylki i priznaki pri poiskakh zolotorudnykh mestorozhdeniy Baleyskogo tipa v Vostochnom Zabaykal'ye [Geological-structural, lithological and mineralogical prerequisites and features in the search for gold ore deposits of the Baley type in Eastern Transbaikalia], Trudy NIGRIZoloto, 1955, Is. 20, pp. 57–66. (In Russ.)
15. *Florov V. K.* Ocherednyye zadachi nauchno-issledovatel'skikh geologorazvedochnykh rabot po geologii rossypey [The next tasks of scientific research geological exploration work on the geology of placers], Sovetskaya geologiya, 1938, V. 8, No. 12, pp. 27–37. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 13.11.25; одобрена после рецензирования 19.12.25; принята к публикации 19.12.25.
The article was submitted 13.11.25; approved after reviewing 19.12.25; accepted for publication 19.12.25

Список статей, опубликованных в журнале «Отечественная геология» в 2025 году

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Гермаханов А. А. Основные результаты геологоразведочных работ на твёрдые полезные ископаемые в 2024 году и задачи на 2025 год. № 2–3. С. 3.

Иванов А. И., Алексеев Я. В., Куликов Д. А., Корчагина Д. А., Минькин К. М., Мигачёв И. Ф., Звездов В. С. Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов Сибирского федерального округа, состояние и перспективы развития. № 6. С. 3.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Иванов А. И., Куликов Д. А., Агибалов О. А., Тарасов А. С., Звездов В. С., Мигачёв И. Ф., Конкин В. Д., Барышев А. Н. Техногенные россыпи: условия формирования, факторы, определяющие потери, особенности методики разведки. № 5. С. 3.

Зинчук Н. Н. Методические основы использования нетрадиционных индикаторных минералов кимберлитов при шлихоминералогических поисках месторождений алмаза. № 6. С. 68.

Кряжев С. Г., Двуреченская С. С., Окулов А. В., Федак С. И. Золото-медно-скарновое оруденение Баранчинской площади (Горный Алтай). № 2–3. С. 21.

Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Конкина А. А. Классификация свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождений на основе их формационных типов. № 4. С. 3.

Луговская И. Г., Печенкин И. Г., Якушина О. И. Комплексная переработка сырья – единственный путь к безотходному производству: исторический обзор. № 1. С. 22.

Серавина Т. В. Некоторые особенности формирования колчеданно-полиметаллических месторождений типа VMS Большого Алтая. № 5. С. 16.

Серавина Т. В., Кузнецов В. В., Кузнецова С. В., Филатова Л. К., Иваненкова Е. В. Колчеданно-полиметаллическое оруденение Рудного Алтая типа VMS на примере Зайцевского рудного поля (Змеиногорский рудный район). № 1. С. 3.

Степанов В. А., Мельников А. В. Позднемеловое оруденение и магматизм Софийского золотоносного узла. № 2–3. С. 40.

Хасанов И. М., Михалицына Т. И., Макарова Д. В. Геолого-геофизические критерии прогнозирования разноранговых золоторудных площадей в пределах Центрально-Колымского региона (на примере Чай-Юрьинского рудного узла Берелёхского рудного района, Северо-Восток России). № 6. С. 55.

МИНЕРАГЕНИЯ

Горячев Н. А., Чан Туан Ань, Фам Нгок Кан, Неволько П. А., Ву Хоанг Ли, Светлицкая Т. В., Шелепаев Р. А., Чан Чонг Хоа, Изох А. Э., Чан Куок Конг, Нго Тхи Хьонг, Нго Тхи Фьонг, Нгуьен Туан Ань, Дао Тхай Бак, Фам

Тхи Фьонг Лиен, Ле Дук Луонг. О металлогении золота и сопутствующих металлов орогенного пояса Чуонг Шон и прилегающих территорий (Вьетнам). № 4. С. 36.

Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Чурилова Т. А. Прогноз и поиски медно-порфировых и сопряженных благородно-металлических руд в Кавральянской металлогенической подзоне Охотско-Чукотской минерагенической провинции. № 6. С. 17.

Кудрявцева Н. Г., Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Иваненкова Е. В. Структурно-формационное и металлогеническое районирование Большого Алтая. № 2–3. С. 50.

Савва Н. Е., Волков А. В., Кузнецов В. М. Влияние металлогении ранних эпох развития Омолонского кратонного террейна (Северо-Восток России) на минералогию и геохимию среднепалеозойских эпитептермальных месторождений. № 4. С. 24.

ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

Голдырев В. Н., Осовецкий Б. М., Горяков К. И. Геолого-структурная и минералого-геохимическая модели золото-серебряного оруденения валунистого рудного района (Чукотский АО). № 5. С. 60.

Зинчук Н. Н. Изменение некоторых минералов кимберлитов под воздействием траппов. № 4. С. 56

Зинчук Н. Н. Особенности состава основной массы кимберлитов. № 1. С. 79.

Позднякова Н. Н., Зубова Т. П. Шлихоминералогический анализ при поисках золоторудных месторождений: опыт, развитие и актуальность. № 5. С. 46.

Саблуков С. М., Саблукова Л. И. Некоторые новые «штрихи к портрету» магматизма Зимнебережного кимберлитового района Архангельской алмазоносной провинции (XXI век, первая четверть). № 1. С. 58.

Хачатрян Г. К., Анашкина Н. Е. Изменчивость условий природного алмазообразования по данным о распределении структурных примесей в объёме кристаллов алмаза. № 1. С. 37.

Шатилова Л. В., Позднякова Н. Н., Столяренко В. В., Минаева С. В. Особенности структуры и морфологии самородного золота Верхне-Якутского потенциального рудного поля. № 2–3. С. 61.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Мигачев И. Ф., Звездов В. С., Конкин В. Д., Куликов Д. А. Тектоническая позиция и возможные геодинамические обстановки формирования вулканоплутонических поясов с медно-порфировым оруденением. № 5. С. 80.

ДИСКУССИИ

Макаров В. Н. Геохимические поиски месторождений полезных ископаемых под ледниками. № 4. С. 79.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

90-летие Александра Николаевича Барышева. № 5. С. 107.

Сидорова Е. В. Накануне золотого века геологии: документальные свидетельства первых полевых исследований Ленской экспедиции НИГРИЗолото–ЦНИГРИ. К 90-летию Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов. № 6. С. 106.

Памяти Александра Ивановича Донца. № 1. С. 104.

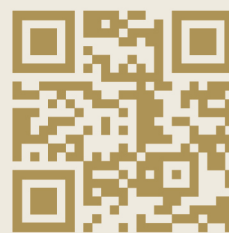
Памяти Елисея Михайловича Веричева. № 4. С. 93.

Памяти Николая Викторовича Бондаренко. № 1. С. 105.

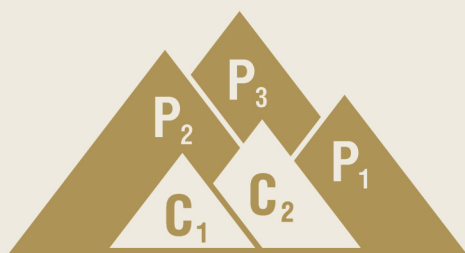
ИНТЕРВЬЮ С ЧЛЕНОМ РЕДКОЛЛЕГИИ

Иванов А. И., Сидорова Е. В. Открытия месторождений не бывают случайными. № 6. С. 88.

Старостин В. И., Сидорова Е. В. «Мемуары пока не написаны» К 90-летию профессора Виктора Ивановича Старостина, заведующего кафедрой геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. № 5. С. 93.



conf.tsnigri.ru



21–24.04.2026

XV

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ГЕОЛОГИЯ, ПРОГНОЗ, ПОИСКИ И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
АЛМАЗОВ, БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ



Для участия в конференции приглашаются представители территориальных органов Роснедр, геологоразведочных предприятий, сервисных компаний, научно-исследовательских отраслевых, академических институтов и ВУЗов

МЕСТО И ВРЕМЯ

ФГБУ «ЦНИГРИ»
Москва, Варшавское ш.,
д. 129, корп.1

14–17 апреля 2026 г.



КОНТАКТЫ

Фомина Марина Ивановна
ученый секретарь, к. г.-м. н.
+7 (495) 315-4365 (доб. 121)

conference@tsnigri.ru