

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

№ 2 / 2023

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

А.И.Черных (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, Е.А.Наумов, А.Ю.Розанов,
Г.В.Седельникова, И.Г.Спиридонов,
В.И.Старостин, Е.Г.Фаррахов, Г.К.Хачатрян

Содержание

НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ

Открытие памятника Министру геологии СССР Евгению Александровичу Козловскому	3
Итоги XII Международной научно-практической конференции в ФГБУ «ЦНИГРИ»	6
Журналу «Отечественная геология» 90 лет	9

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

<i>Алексеев Я. В., Попов И. В.</i> Особенности реализации механизма «заявительного принципа» на алмазы, благородные и цветные металлы	14
--	----

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

<i>Шатилова Л. В., Позднякова Н. Н., Краснов А. Н., Рогова О. Ю.</i> Типоморфные признаки самородного золота россыпей Тарлауской площади (Южный Урал)	27
--	----

<i>Гурьянов В. А., Кириллов В. Е.</i> Никеленосность Кун-Маньёнской минерагенической зоны юго-восточного обрамления Сибирской платформы	43
--	----

<i>Зинчук Н. Н.</i> Сульфаты в кимберлитовых породах	56
---	----

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

<i>Дамдинов Б. Б., Викентьев И. В., Дамдинова Л. Б., Минина О. Р., Жмодик С. М., Соболев И. Д., Тюкова Е. Э., Спирина А. В., Извекова А. Д., Москвитина М. Л., Сажина Т. И., Бадмажапов Б. Б.</i> Проблемы генезиса месторождений Озернинского полиметаллического рудного узла (Западное Забайкалье, Россия)	73
---	----

Редакция: *Т. М. Папеско, А. П. Фунтикова*
Компьютерная верстка: *А. Д. Юргина*

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 02.05.2023

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1
Телефон: (495) 315-28-47. Факс: (495) 315-43-47. E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Сайт: http://tsnigri.ru/o_geology

Сайт электронной библиотеки: <http://elibrary.ru>

Типография ФГБУ «ЦНИГРИ»

Открытие памятника Министру геологии СССР Евгению Александровичу Козловскому

12 мая на Троекуровском кладбище состоялось открытие памятника Министру геологии СССР (1975–1989) Евгению Александровичу Козловскому. Мероприятие прошло в торжественной обстановке в присутствии членов семьи, представителей Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федерального агентства по недропользованию, ведущих геологических организаций страны, органов государственной власти, отраслевых вузов и крупнейших компаний-недропользователей официальных лиц и почётных гостей.

Открыли памятную композицию Министр природных ресурсов и экологии РФ Александр Александрович Козлов и Руководитель Роснедр Евгений Игнатьевич Петров.

Под торжественный духовой оркестр к мемориалу возложили цветы и почтили память выдающегося деятеля минутой молчания. На мероприятии родные и близкие геолога делились рассказами о памятных событиях и трудовом пути Е. А. Козловского.



Руководитель Федерального агентства по недропользованию Е. И. Петров, внучка Е. А. Козловского и министр природных ресурсов и экологии РФ А. А. Козлов в почётном карауле у монумента



Министр природных ресурсов и экологии РФ А. А. Козлов и вдова министра геологии СССР Е. А. Козловского

Е. А. Козловский лично принимал участие в открытии месторождений таких важнейших видов минерального сырья, как нефть в Западной Сибири, алмазы Архангельской области, олово на Дальнем Востоке. При его участии был основан мощный, хорошо оснащённый флот отрасли, базу которого сформировали на Чёрном море, в Мурманске и Владивостоке. По инициативе Е. А. Козловского на правительственном уровне была утверждена научно-практическая система исследования недр «Космос – воздух – земля – скважина», которая подняла исследование недр на новый научный уровень. Благодаря применению принципиально новой отечественной технологии, научных методов управления и организации работ оказалась возможной проходка уникальной Кольской сверхглубокой скважины.

Козловским создана научная школа, положившая начало новым подходам к системам управления, в том числе технологическими процессами в разведке месторождений на основе геолого-экономического моделирования. Е. А. Козловский являлся научным руководителем международного проекта ЮНЕСКО – СССР «Охрана литосферы как компоненты окружающей среды». Под его руководством подготовлена двухтомная монография «Гидрогеологические основы охраны подземных вод», в составлении которой принимали участие учёные СССР, Франции, США, Чехословакии, Венгрии, Греции и Нидерландов.

Будучи президентом XXVII сессии Международного геологического конгресса (МГК), профессор Е. А. Козловский проделал огромную работу по подготовке и проведению крупнейшего форума геологов мира. Организация этого конгресса получила высочайшую оценку советских и зарубежных участников, и, по их мнению, ни один последующий конгресс не смог достичь уровня XXVII МГК.

С личностью Е. А. Козловского – Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, вице-президента РАЕН, крупнейшего учёного, внёсшего огромный вклад в развитие отечественной геологической отрасли, – связаны интенсивное развитие минерально-сырьевой базы СССР, геологической науки, масштабный научно-технический прогресс в отрасли и техническое перевооружение геолого-разведочного производства.

На период его руководства Министерством приходятся крупные открытия многих видов полезных ископаемых, существенно обогативших нашу Родину: минерально-сырьевой потенциал страны вырос в два раза. Это время по праву считают золотым веком геологии, а Евгения Александровича называют легендой геологической отрасли.



Генеральный директор ФГБУ «ЦНИГРИ» А. И. Черных и Генеральный директор ФГБУ «ИМГРЭ» И. Г. Спиридонов на открытии памятника министру геологии СССР Е. А. Козловскому



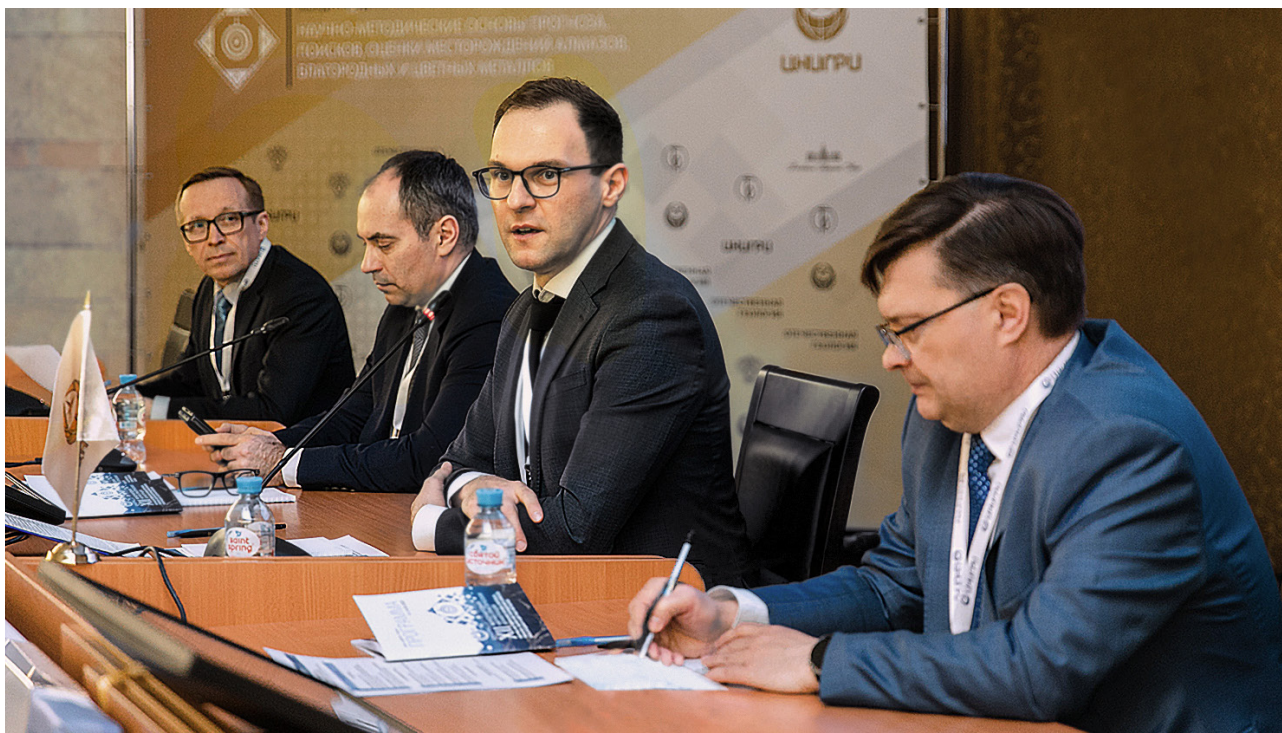
Представители ведущих геологических организаций страны, органов государственной власти, отраслевых вузов и крупнейших компаний-недропользователей на открытии памятника Е. А. Козловскому

Е. А. Козловский является автором более 1000 работ, опубликованных в открытой печати, в том числе 30 монографий, а также создателем свыше 40 изобретений и открытий.

За большой вклад в развитие минерально-сырьевой базы страны Е. А. Козловский удостоен звания Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской (1964) и государственных премий РФ (1998, 2002), почётных званий «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР», «Заслуженный геолог России», а также званий «Почётный разведчик недр», «Почётный нефтяник», «Почётный работник газовой промышленности», «Почётный работник угольной промышленности». Он награждён двумя орденами Ленина, орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почёта», «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени, знаком «Шахтёрская слава» трёх степеней. Е. А. Козловский избирался депутатом Верховного Совета СССР (1976–1989 гг.), кандидатом в члены ЦК КПСС (1976–1989 гг.), членом ЦК профсоюза рабочих геологоразведочных работ.

Открытие памятника такому выдающемуся деятелю, внесшему значительный вклад в развитие отрасли и всей нашей страны, еще один большой шаг к сохранению общей исторической памяти, формированию у молодого поколения поистине человеческих и патриотических ценностей.

Итоги XII Международной научно-практической конференции в ФГБУ «ЦНИГРИ»



С 11 по 14 апреля 2023 г. в стенах ФГБУ «ЦНИГРИ» состоялась XII Международная научно-практическая конференция «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов», являющаяся одним из наиболее значимых научных мероприятий Федерального агентства по недропользованию (Роснедр) в области изучения и воспроизводства минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых.

Проведение конференции стало ежегодной практикой для института. В мероприятии приняли участие более 340 человек. С целью поделиться опытом, познакомиться со специалистами, работающими над схожими проблематиками, и получить уникальную возможность личного взаимодействия с ведущими профессионалами горной промышленности, геологии и смежных отраслей на площадке ФГБУ «ЦНИГРИ» собрались представители ключевых предприятий из разных городов России: Санкт-Петербурга, Архангельска, Апатитов, Сыктывкара, Нальчика, Уфы, Перми, Новосибирска, Томска, Кызыла, Красноярска, Норильска, Иркутска, Якутска, Улан-Удэ, Магадана, Хабаровска, Владивостока, а также из городов Китая, Казахстана, Узбекистана, Кыргызстана.

На открытии конференции с приветственным словом выступил председатель организационного комитета конференции, Руководитель Роснедр Евгений Игнатьевич Петров. На пленарном заседании с докладами об основных результатах геолого-разведочных работ на ТПИ в 2022 г. и планах на 2023 г. выступил заместитель руководителя Роснедр Асламбек Асхатович Гермаханов. На конференции были представлены доклады сотрудников Роснедр, подведомственных учреждений, институтов Российской Академии наук, вузов, горнодобывающих и сервисных компаний. Всего за время работы конференции были представлены 125 устных, 20 стендовых и 14 докладов в онлайн формате.

Помимо традиционных тематических секций, посвящённых алмазам, благородным и цветным металлам, а также геоинформационным системам, в этом году на конференции были проведены



секции «Геология и минерально-сырьевая база зарубежных стран» и «Проблемы генезиса, поисков и разведки платиновых и медно-никелевых месторождений», посвящённая 120-летию со дня рождения М. Н. Годлевского.

В рамках секции «Геология и минерально-сырьевая база зарубежных стран» приняли участие представители ТОО «Казахмыс Барлау», Управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан, Института геологии национальной академии наук Кыргызской Республики, Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан, Института геологии и геофизики им. Х. М. Абдуллаева (Республика Узбекистан), а также Бакинского Государственного Университета.

В качестве участников конференции выступили делегаты от производственных компаний и компаний-недропользователей (ГК «Полюс»,

ПАО «Селигдар», ПАО «ГМК “Норильский никель”», АО «АГД ДАЙМОНДС», ООО «Адамант», Kumtor Gold Company, СЗГК «ГЕОКОМПЛЕКС», ОАО «УГМК», Казцинк, АО «Полиметалл УК», АО «Павлик», АО «Прииск Удерейский», АО «Эльконский ГМК», Nordgold, АО «Русская медная компания» и др.), академических институтов (Научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило Дальневосточного отделения РАН (СВКНИИ ДВО РАН), Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН), Западно-Якутский научный центр Академии наук Республики Саха (Якутия) (ЗЯНЦ АН РС), Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского



РАН (ГЕОХИ РАН), Институт геологии Уфимского исследовательского федерального центра РАН (ИГ УФИЦ РАН), Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН (ИТиГ ДВО РАН) и др.), а также вузов (МГУ им. М. В. Ломоносова, Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), РУДН и Горный университет).

Организаторы благодарят участников, а также спонсоров АО «ГНПП “Аэрогеофизика”», ООО «Геотехнологии», ООО «АГР Софтвр» за проявленный интерес к конференции, представленные доклады и активную работу на секциях.

Журналу «Отечественная геология» 90 лет

Дорогие коллеги, в 2023 году у журнала «Отечественная геология» юбилей: в марте исполнилось 90 лет с момента выхода первого номера периодического научного издания, учреждённого в СССР для объединения теоретической мысли в области геологии во имя решения практических задач. На протяжении минувших десятилетий журнал несколько раз менял название и ведомственную принадлежность, но на всех этапах редакция и редколлегия оставались верны стратегии, заложенной основателями: доводить до сведения читателей оперативную информацию о новейших достижениях науки во всём разнообразии геологических проблем. Не случайно в момент основания журнал был назван «Проблемы советской геологии». Круг авторов формировался в соответствии с расширением проблематики издания. В 1934 г. в состав учредителей помимо Всесоюзного научного инженерно-технического общества геологов были включены Главное геолого-геодезическое управление, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт и Институт геологии и минералогии. А спустя три года журнал «Проблемы советской геологии» стал официальным органом Главного геологического управления Народного комиссариата тяжёлой промышленности и Оргкомитета по созыву XVII сессии Международного геологического конгресса в Москве.

В 1938 году журнал, получивший новое название «Советская геология», окончательно обрёл статус печатного органа государственного ведомства, осуществляющего руководство изучением недр Советского Союза. Начался долгий, многотрудный этап становления и развития одной из основных отраслей экономики, и судьба журнала была неразрывно связана с судьбой страны, геологическая изученность которой быстро расширялась. Развивались, проверялись на практике новые научные идеи, совершенствовалась техника, внедряемая в геологоразведочный процесс. Но самое главное – в 1930–1960-е годы поднялось новое поколение геологов, чьим трудом и талантом создался «золотой век отечественной геологии». В это плодотворное время ежемесячный журнал «Советская геология» публиковал материалы, позволившие обосновать важнейшие направления геологоразведочных работ на нефть и газ, редкие, цветные и благородные металлы и агрохимическое сырьё. Прогноз и оценка месторождений нефти и газа в Волго-Уральской области, Западной Сибири, Прикаспийской впадине и других регионах, бокситов на Урале, Северо-Западе и в Сибири, золота, алмазов, других полезных ископаемых – эти и другие масштабные многозадачные вопросы становились темами аналитических, дискуссионных и обзорных публикаций на страницах «Советской геологии».

С 1992 года журнал выходит под названием «Отечественная геология», сохранив сложившиеся в предыдущие годы традиции, расширяя круг авторов и читательскую аудиторию и развивая новые направления в сотрудничестве геологов разных регионов России и зарубежных стран. Современному этапу работы редакции и редколлегии предшествовала перерегистрация журнала: новыми учредителями периодического издания, выпускаемого отныне в Российской Федерации, первоначально стали Комитет по геологии и использованию недр РФ, Российское геологическое общество (Росгео) и Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ). На рубеже веков успех развития геологической отрасли в формировавшихся в Российской Федерации новых экономических условиях зависел от актуализации стратегии работы всех участников воспроизводства минерально-сырьевой базы, и журнал с честью выполнил роль площадки интеллектуального обмена, объединившей профессионалов и организовавшей их взаимодействие.

В настоящее время учредители журнала – Министерство природных ресурсов и экологии (МПР) РФ, Росгео и ЦНИГРИ. Журнал «Отечественная геология» традиционно информирует

профессиональное сообщество о планах и решениях МПР, представляет всеобъемлющие аналитические обзоры состояния минерально-сырьевой базы страны. Основной целью деятельности наших авторов и читателей было и остаётся создание минерально-сырьевой базы отечественной промышленности. Достижение этой цели требует постоянного поиска, решения сложных методологических и организационных задач, и тут сложно переоценить значение своевременного поступления научной информации и диалога специалистов, который возможен на страницах периодического научного издания.

За 90 лет работы журнал последовательно возглавляли десять главных редакторов. Основателем издания стал академик И. М. Губкин. В 1940-е годы развитие журнала связано с именем академика И. Ф. Григорьева. Затем эту важную миссию выполняли видные учёные и организаторы науки профессора Е. Т. Шаталов и Н. А. Беляевский, члены-корреспонденты АН СССР Г. И. Горбунов и Н. П. Лаверов, В. М. Волков, А. И. Кривцов, Г. В. Ручкин, А. И. Иванов. В составе редколлегии работали геологи, чьи имена золотом вписаны в историю мировой науки: А. А. Борисяк, А. Г. Бетехтин, А. А. Богданов, В. С. Коптев-Дворников, В. А. Обручев, М. А. Усов, Н. М. Федоровский, А. Е. Ферсман, А. Л. Яншин и другие выдающиеся учёные.

Ныне в числе наших авторов – специалисты всех ключевых научных институтов Российской Федерации, вузов, горнорудных компаний, экспедиций и многие зарубежные геологи. На страницах журнала обсуждаются вопросы нормативно-правового регулирования и экономики недропользования, широкий круг проблем изучения месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, задачи региональной геологии, результаты исследований геологии Мирового океана, новые методические подходы к комплексному изучению минерального сырья, прогрессивные технологии геологоразведочных работ, систематически публикуются дискуссионные статьи и материалы по истории геологии. Наряду с работами известных учёных в журнале «Отечественная геология» всё чаще появляются статьи молодых исследователей.

За девять десятилетий в журнале «Отечественная геология» было опубликовано огромное число статей. И на протяжении последних пятнадцати лет журнал «Отечественная геология» входит в число периодических научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук и доктора наук (специальность – Науки о Земле и окружающей среде).

Редакция журнала придерживается политики максимальной доступности опубликованных материалов для устойчивого развития научного знания. В 2022 году читательская аудитория «Отечественной геологии» была значительно расширена: все материалы издания ныне открыты для читателей на платформе Российской научной электронной библиотеки и в специальном разделе официального сайта ФГБУ «ЦНИГРИ», соучредителя и издателя журнала.

Редколлегия и редакция журнала «Отечественная геология» выражают глубокую благодарность авторам и читателям издания! Роль научного сообщества в развитии журнала огромна. Дорогие коллеги, мы очень признательны вам за обратную связь, за интерес к публикуемым статьям, за критические замечания и, конечно, за присланные в редакцию поздравления! 90 лет для журнала – возраст совсем не преклонный, у нас очень много работы, которую можем сделать только мы вместе с вами.

Редколлегия и редакция журнала «Отечественная геология»

Уважаемый Анатолий Иннокентьевич! Дорогие друзья, коллеги!

Геологическая общественность России широко отмечает юбилейную дату – 90 лет со дня выхода в свет первого номера ежемесячного научного геологического журнала «Проблемы советской геологии». Журнал был учреждён в марте 1933 г. по инициативе выдающегося отечественного учёного, одного из основателей геологической службы страны, ставшего первым главным редактором издания, академика Ивана Михайловича Губкина.

Перед творческим коллективом журнала в те годы была поставлена цель – «объединения теоретической мысли в области геологии и направление её на обслуживание задач по подготовке минерально-сырьевой базы промышленности».

Геологам старшего поколения по-прежнему дорог журнал «Советская геология», издававшийся на базе журнала «Проблемы советской геологии» с 1938 года. Его содержание в полной мере отражало проблемы изучения и освоения месторождений полезных ископаемых Советского Союза, указывало оптимальные пути обеспечения отраслей народного хозяйства минеральным сырьём, способствовало определению научно обоснованных направлений геолого-разведочных работ, а также созданию и воспроизводству минерально-сырьевой базы страны, имевшим важнейшее значение в деле роста промышленного потенциала и укрепления обороноспособности страны.

Сегодня мы с нетерпением ожидаем выхода в свет новых выпусков журнала «Отечественная геология», который с 1992 года следует в фарватере принципов и лучших традиций многопрофильного научного издания, охватывающего широкий круг проблем геологии России, стран Ближнего и Дальнего зарубежья. Журнал публикует материалы, посвящённые развитию приоритетных направлений геологической науки и практики, передовых методов прогноза и оценки полезных ископаемых. На его страницах находят отражение результаты изучения геологического строения различных регионов, особенности развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы России в условиях рыночной экономики, а также общетеоретические вопросы, касающиеся исследований глубинного строения Земли, различных аспектов гидрогеологии, геоэкологии, а также других актуальных вопросов геологических знаний.

Мне доставляет огромное удовольствие от имени коллектива федерального государственного бюджетного учреждения «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов» и от себя лично поздравить сегодня замечательный коллектив редакции журнала «Отечественная геология» с 90-летием со дня создания!

От всей души желаю Вам здоровья, успехов в профессиональной деятельности, оптимизма и удачи!

*Генеральный директор
И.Г. Спиридонов*

Уважаемый Анатолий Иннокентьевич!

От всей души поздравляю Вас, редакционную коллегию и читателей с 90-летием со дня выхода первого номера журнала «Отечественная геология»!

Издание, организованное одним из основателей геологической службы и первым главным редактором журнала – академиком И. М. Губкиным, в течение многих десятилетий освещает историю развития передовых методов геологоразведки, прогнозирования и оценки ресурсов полезных ископаемых.

Журнал прошёл огромный путь, сделал колоссальный вклад в развитие науки и технологий в области поиска полезных ископаемых и обеспечения минеральными ресурсами, что способствовало прогрессу инновационной деятельности в геологической отрасли, которая является базовой составляющей экономики страны.

На страницах Вашего журнала всегда обсуждается широкий спектр тем, связанных с недропользованием, экономикой и конъюнктурой минерального сырья. Опубликованные научные статьи заинтересованно воспринимаются читателями и вызывают живой отклик.

Несмотря на почтенный возраст, журнал-юбилей отличается энергичным характером – 6 номеров в год, пользуется авторитетом в геологическом сообществе и нацелен на дальнейшую, серьёзную перспективу развития.

Я надеюсь, что ваше важное дело продолжится ещё многие годы. Благодарю квалифицированный и доброжелательный коллектив редакции журнала, который непростым трудом создаёт каждый номер.

Желаю не останавливаться на достигнутом, добиваться дальнейших творческих успехов, расширять круг новых интересных тем и талантливых авторов. Многих лет успешной работы и продвижения научных знаний в области геологии и геологоразведки.

*С наилучшими пожеланиями,
Генеральный директор
ФГУ «ЗапСибНИИГГ»
В. Ю. Морозов*

90
лет

поздравляем
с юбилеем!

**Уважаемый Анатолий Иннокентьевич!
Дорогие коллеги!
Примите наши искренние
поздравления с 90-летием
журнала «Отечественная геология»!**

90 лет – это жизнь и труд нескольких поколений, которые прошли через все трудности нелёгкой работы, отдавая ей физические и духовные силы.

В далёком 1933 году вышел первый номер ежемесячного научного геологического журнала “Проблемы советской геологии”, издание его было организовано по инициативе академика И.М. Губкина – первого главного редактора журнала. В 1938 году название журнала было переименовано – “Советская геология”, а затем, в 1992 году его название вновь изменилось, и он стал называться “Отечественная геология”. Изменив название, журнал сохранил традиции многопрофильного научного издания, охватывающего широкий круг проблем, как по территории России, СНГ, так и других стран мира.

Благодаря слаженному коллективу редакционной коллегии журнал успешно продолжает свою работу.

Дорогие коллеги! Желаем всему коллективу дальнейших творческих успехов, здоровья и благополучия!

От имени коллектива ИЗК СО РАН
и редакции журнала «Геодинамика и тектонофизика»

Директор,
чл.-корр. РАН



Д.П. Гладкочуб



Особенности реализации механизма «заявительного принципа» на алмазы, благородные и цветные металлы

Представлены результаты работ на алмазы, благородные и цветные металлы по лицензиям «заявительного принципа» на территории Российской Федерации с момента начала действия механизма. Отражены ключевые аспекты изменения его нормативного регулирования. Приведены сведения о проектной стоимости работ и фактическом финансировании, количестве выданных лицензий, приросте запасов алмазов, благородных и цветных металлов. Установлены проблемы реализации механизма, предложены рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: механизм «заявительного принципа», финансирование, прирост запасов, лицензии, месторождения, ограничения.

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

ПОПОВ ИВАН ВЛАДИМИРОВИЧ, заведующий лабораторией, popov@tsnigri.ru

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

Specificity of Implementation of the "declarative principle" in licensing for diamonds, precious, and base metals

Ya. V. ALEXEEV, I. V. POPOV

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

Results of the works for diamonds, precious, and base metals under licenses granted according to the "declarative principle" on the territory of the Russian Federation since the start of the mechanism application are presented. The key aspects are reflected of changing the normative regulation of this mechanism. Information is provided on the projected costs and actual financing of the works; on the number of the licenses issued; and on the increase in the mineral reserves of diamonds, precious, and base metals. Problems of the mechanism implementation are determined, and recommendations for their fixation are proposed.

Key words: "declarative principle" mechanism, financing, mineral reserves increase, licenses, mineral deposits, restrictions.

Для привлечения внебюджетного финансирования, направленного на развитие и укрепление минерально-сырьевой базы полезных ископаемых в Российской Федерации, с 2014 г. действует механизм «заявительного принципа» по предоставлению в пользование участков недр с недостаточным уровнем геологической изученности.

На начальном этапе, с внесением изменений в приказ Минприроды № 61 от 16 марта 2005 г., инвесторам стали доступны участки недр, по которым отсутствуют данные о наличии запасов полезных ископаемых (ПИ) и прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 . Далее к 2023 г. нормативно-

правовая база, регулирующая взаимоотношения данной сферы, претерпела ряд изменений, представленных ниже, что связано с её совершенствованием.

- В 2016 г. приказ № 61 утратил действие в связи с вступлением в силу приказа Минприроды России от 10.11.2016 № 583, в котором были подробнее прописаны условия получения права пользования недрами с целью геологического изучения недр (ГИН).

- В соответствии с приказом Минприроды России от 14.05.2019 № 299 было расширено действие «заявительного» механизма на возможность

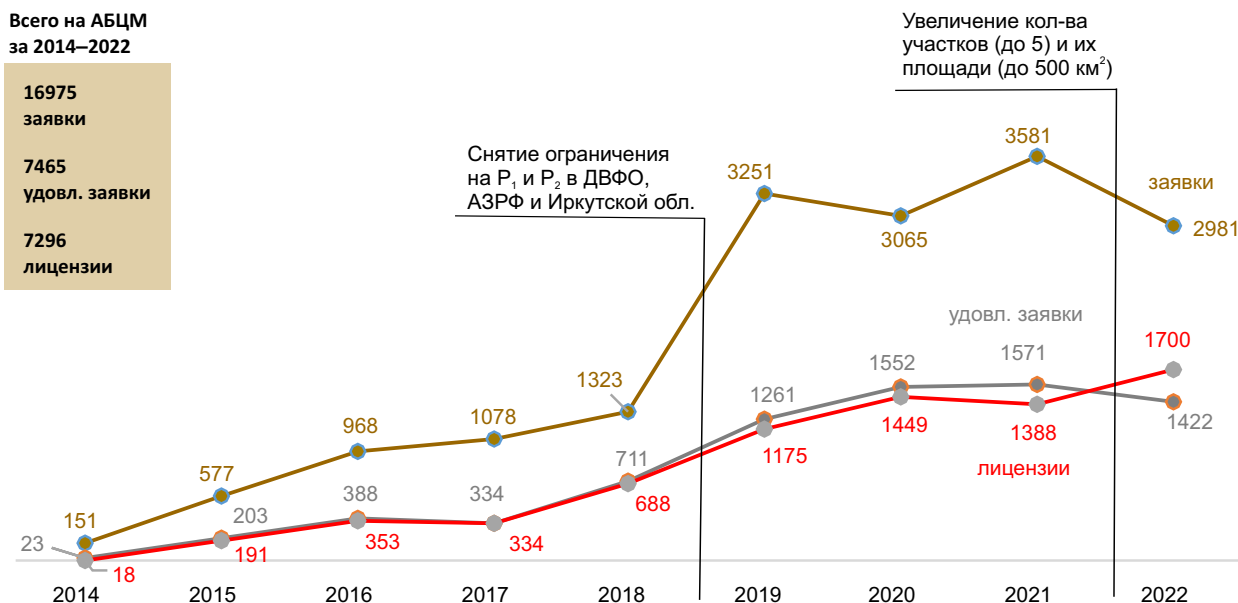


Рис. 1. Динамика удовлетворения заявок и выдачи лицензий по «заявительному принципу» на АБЦМ

получения участков с прогнозными ресурсами категорий P_1 и P_2 для территорий субъектов Федерации, входящих в Дальневосточный федеральный округ (ФО), Арктическую зону РФ (АЗРФ), а также на Иркутскую область.

• Согласно приказу Минприроды России от 09.12.2020 № 1039 произошло расширение площади участков недр для геологического изучения на алмазы до 500 км², а также введён запрет на предоставление в пользование участков недр, которые полностью или частично расположены в границах проведения ГИН за счёт средств федерального бюджета, если работы прекращены менее чем за год до подачи заявки.

С 1 января 2022 г. вступил в силу приказ Минприроды России и Роснедра от 28.10.2021 № 802/20, заменивший ранее действовавший приказ Минприроды России от 10.11.2016 № 583.

В новом приказе увеличены предельное количество участков недр и их площадь, предоставляемых в пользование на одного заявителя в течение календарного года, – не более 5 и не более 500 км² каждый.

В 2023 г. приказом Минприроды России и Роснедра от 21.12.2022 № 901/09 распространена выдача поисковых лицензий на все виды твёрдых полезных ископаемых (ТПИ) на территории Сибирского ФО, за исключением металлических ПИ

россыпных месторождений и общераспространённых полезных ископаемых (ОПИ). Таким образом, снято ограничение на наличие прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 .

Следствием совершенствования нормативного регулирования остаётся сохранение высокой востребованности механизма «заявительного принципа», что подтверждается повышенным интересом со стороны недропользователей к нему и выражается в целом в увеличении количества ежегодно подаваемых заявок на АБЦМ, а также количестве выдаваемых лицензий данного вида.

Так, с 2019 г. отмечен резкий рост заявок на ГИН (рис. 1), связанных с алмазами, благородными и цветными металлами (АБЦМ), что обусловлено отменой ограничения на наличие прогнозных ресурсов кат. P_1 и P_2 при получении лицензий по «заявительному принципу» в регионах Дальневосточного ФО, Арктической зоны РФ и Иркутской области. В 2022 г., напротив, зафиксировано некоторое снижение количества поданных заявок, частично на это оказало влияние увеличение предельного количества участков и их площади, а также ряд вводимых ограничений на лицензирование на территориях Камчатского края, Амурской области и Кемеровской области – Кузбасса.

По данным ФГИС «АСЛН», за период действия механизма «заявительного принципа» с 2014

Всего на АБЦМ за 2014–2023 гг.
Общая проектная стоимость работ
На ГИН на АБЦМ:

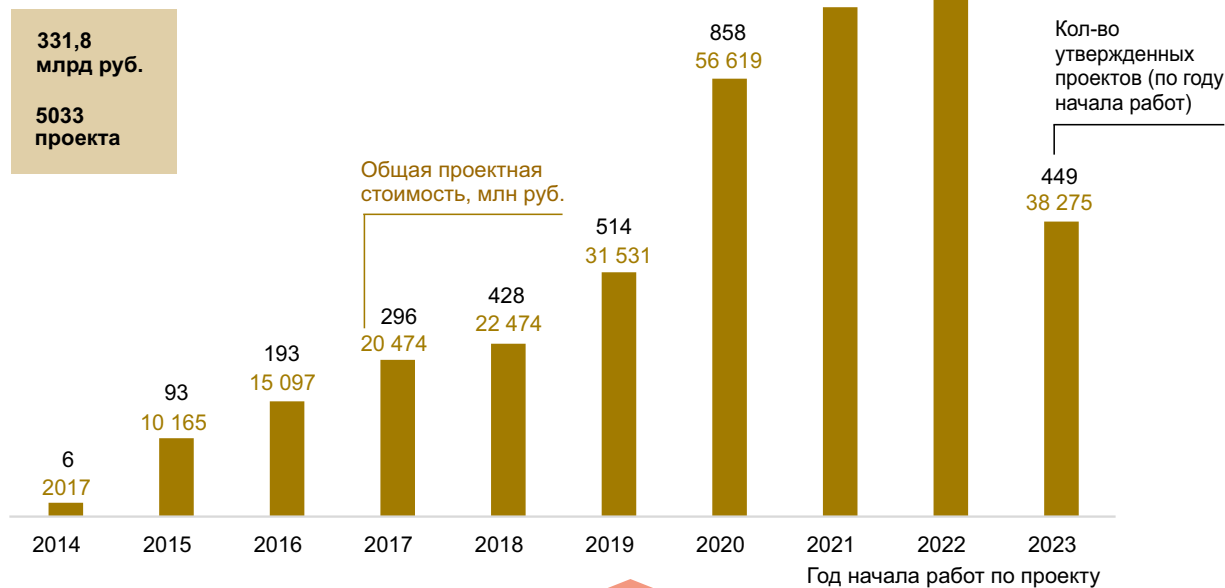


Рис. 2. Представленная проектная стоимость работ по ГИН на АБЦМ по лицензиям «заявительного принципа» на весь период реализации проекта по году начала работ

по 2022 гг. были поданы 18 742 заявки на представление права пользования недрами на ГИ с целью поисков и оценки месторождений твёрдых полезных ископаемых. Среди них на АБЦМ приходится 16 975 заявок, что составляет 91 % от общего числа заявок на ТПИ по механизму «заявительного принципа». При этом стоит отметить, что доля заявок на ГИ с целью поисков и оценки месторождений золота составляет 85 % от общего количества заявок на ТПИ и 94 % от количества заявок на АБЦМ [10].

По результатам рассмотрения поданных заявок можно сделать вывод о том, что около 47 % из них удовлетворяются. Остальные заявки регулятором возвращаются до рассмотрения либо отклоняются по результатам рассмотрения. Возврат заявок происходит по 24 % поданных заявок, и ещё в 28 % случаях выносятся решения об отклонении заявок, по результатам их рассмотрения, по различным причинам.

Почти 76 % всех действующих лицензий на АБЦМ в России, выданных по «заявительному принципу», приходится на регионы, входящие в Дальневосточный ФО. Интерес к этим субъектам РФ значительно вырос после вступления в силу приказа Минприроды России от 14.05.2019

№ 299 об отмене ограничения на наличие прогнозных ресурсов категории P_1 и (или) P_2 при получении лицензии по «заявительному принципу».

Согласно условиям пользования недрами, недропользователь обязан в установленный срок подготовить и утвердить проект на проведение работ по геологическому изучению недр, в котором отражаются планируемые объёмы, стоимость и сроки работ. На рис. 2 видно, что представленная проектная стоимость работ по ГИН с года начала выдачи лицензий по «заявительному принципу» на АБЦМ ежегодно увеличивается [10]. Это связано, прежде всего, с наращиванием количества выдаваемых лицензий указанного вида и, соответственно, с увеличением проектов на проведение работ с положительным решением экспертизы по ним.

Фактический объём финансирования ГРР на АБЦМ в рамках действия механизма «заявительного принципа» ежегодно увеличивается. При этом последовательно в 2020 и 2021 гг. произошло почти удвоение понесённых затрат, в 2022 г. рост замедлился и составил 22 % по отношению к прошлому году (рис. 3).

Основными причинами увеличения объёмов финансирования работ являются значительный

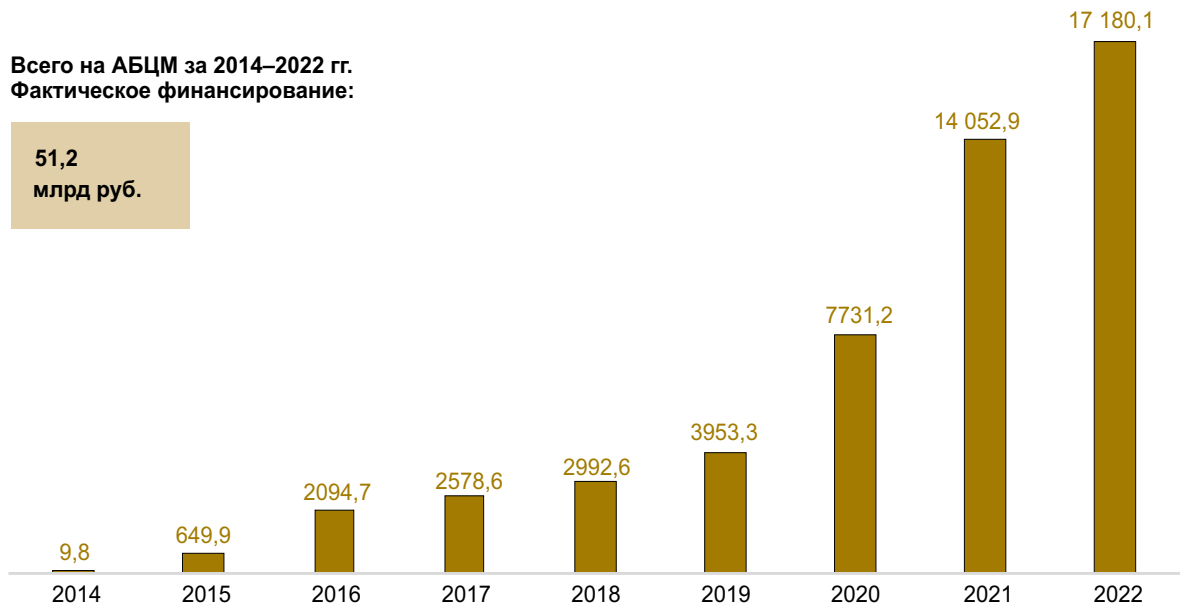


Рис. 3. Динамика фактического финансирования ГРР на АБЦМ по лицензиям «заявительного принципа», млн руб.

интерес со стороны недропользователей к данному механизму и, соответственно, увеличение количества действующих лицензий данного вида. Стоит отметить, что большая часть от всего объёма финансирования ГРР на АБЦМ по лицензиям «заявительного принципа» приходится на золото – 70 %.

Планируемый объём затрат недропользователей на ГРР на АБЦМ в 2023 г. по лицензиям «заявительного принципа» предполагает значительное их увеличение – более чем на 80 % по сравнению с 2022 г. Однако, сложившаяся практика и оценка по конкретным лицензиям в прошедшие годы показывают несоответствие планируемых и фактических затрат. Поэтому в 2023 г. можно ожидать увеличения фактических объёмов финансирования, но они будут меньше планируемых.

Основным результатом работ по геологическому изучению участка недр, включающему поиски и оценку месторождений ПИ, является прирост балансовых запасов путём их утверждения государственной (территориальной) комиссией по запасам. Таким образом, по состоянию на 01.01.2023 г. прирост балансовых запасов ($ABC_1 + C_2$) АБЦМ от деятельности недропользователей на участках недр, полученных ими по «заявительному принципу», составил (рис. 4) [10]:

- золото – 272 т, в том числе (рис. 5):
коренное – 222,8 т (82 %);
россыпное – 49,2 т (18 %);
- серебро (как попутное ПИ) – 1591,5 т;
- платина – 4649,7 кг;
- палладий – 4939,3 кг;
- медь – 608,7 тыс. т;
- алмазы – 430,5 тыс. карат.

По остальным видам АБЦМ, никелю, кобальту, свинцу и цинку прирост запасов на начало 2023 г. отсутствовал.

Для платиноидов прирост балансовых запасов обеспечен тремя объектами, расположенными в Свердловской области и Республике Карелия, 98 % приходится на платинометалльное месторождение Куолиσμα.

Наращивание запасов меди произошло на 2 объектах – упомянутом месторождении в Республике Карелия (попутный компонент) и Забайкальском крае (основной компонент и вклад), связанный с медно-порфировым месторождением Лугокан.

Поставленные на Госбаланс запасы россыпных алмазов получены в Пермском крае на месторождении Сюзевское.

Весь прирост балансовых запасов серебра получен в качестве попутного компонента, при этом 97 % обеспечены двумя месторождениями – Роман и Лугокан.

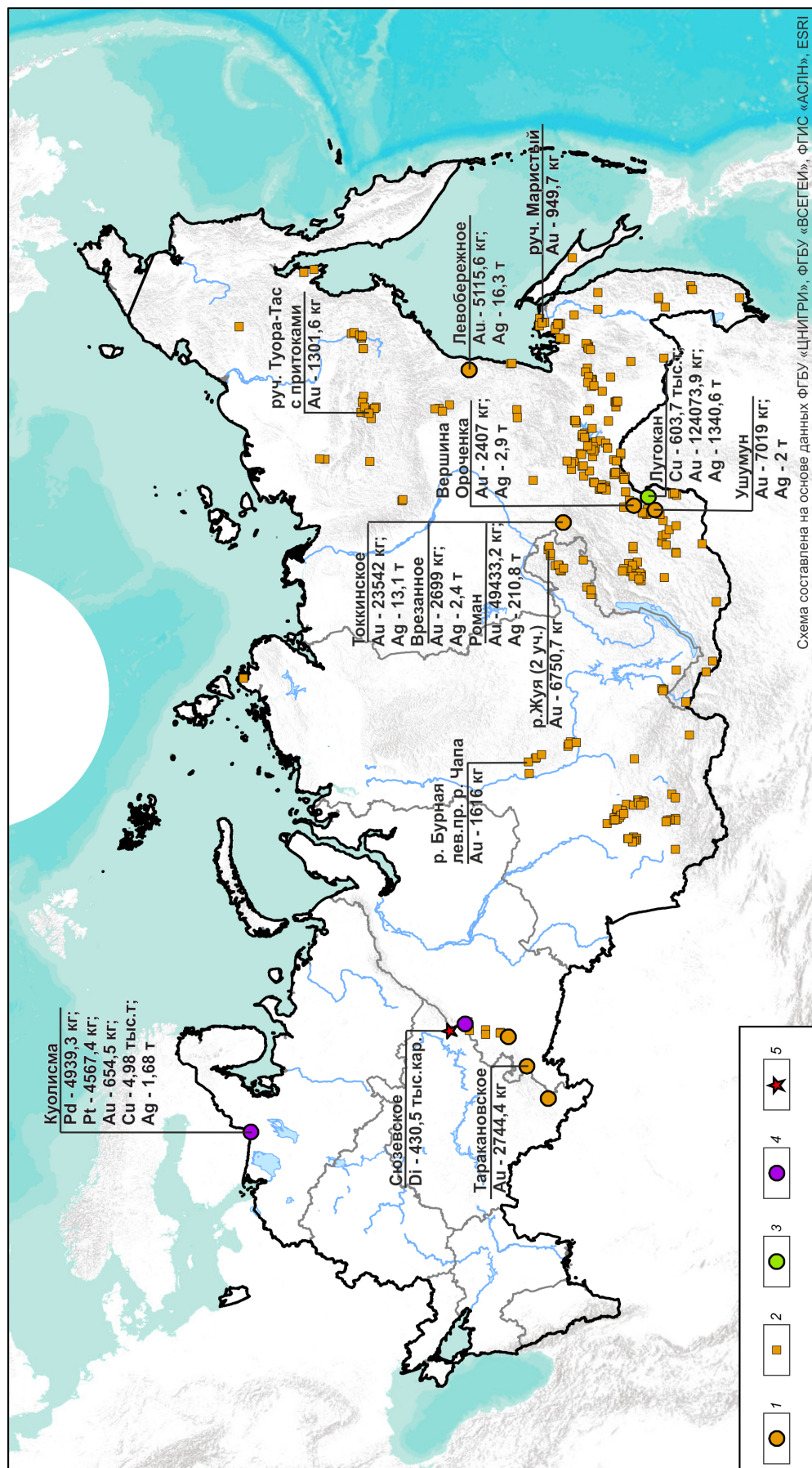


Рис. 4. Территориальное распределение прироста балансовых запасов (ABC₁ + C₂) АБЦМ по «заявительному принципу» за период с 2014 по 2022 гг. с выделением наиболее значимых месторождений по приросту:

виды полезных ископаемых: золото: 1 – коренное, 2 – россыпное; 3 – медь; 4 – МПГ; 5 – алмазы россыпные

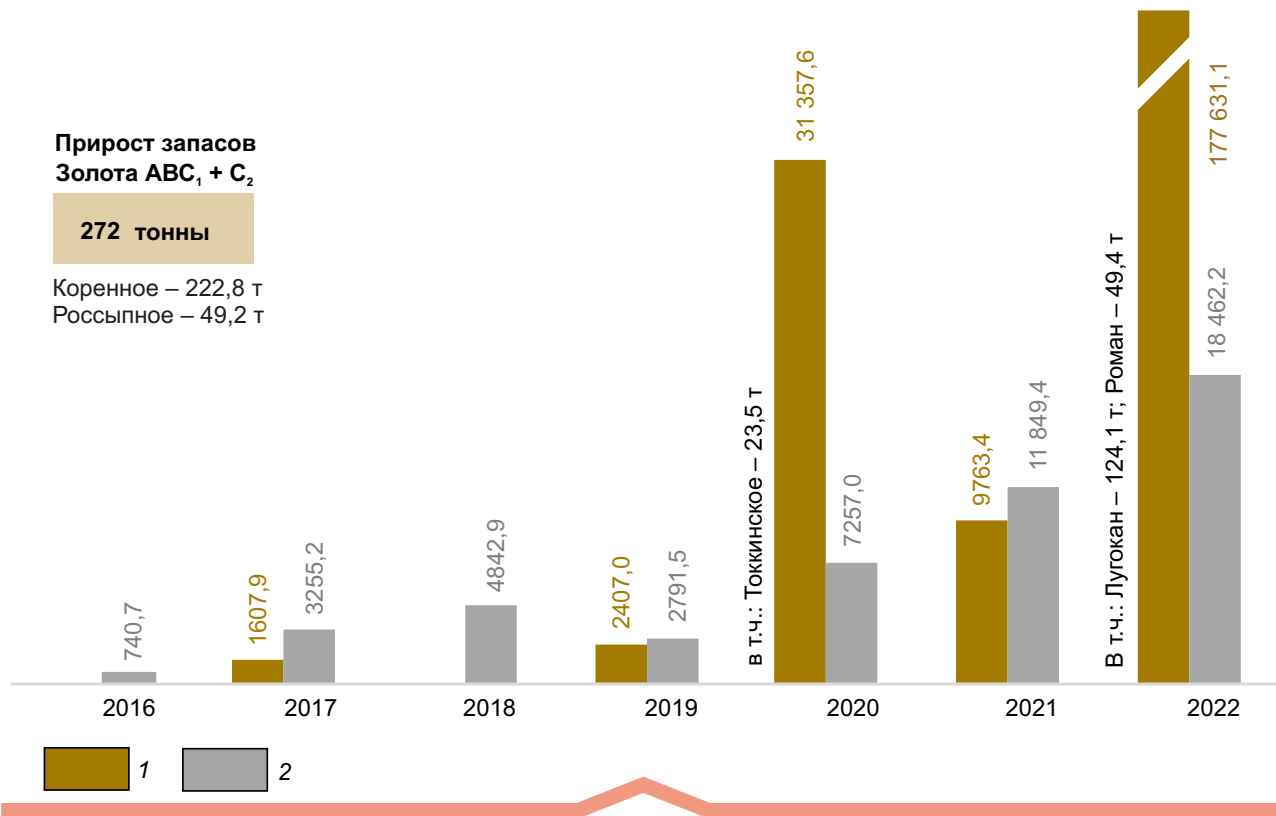


Рис. 5. Прирост балансовых запасов золота по лицензиям «заявительного принципа», кг:

золото: 1 – коренное, 2 – россыпное

По предварительным данным, в первом квартале 2023 г. в результате государственной экспертизы получен прирост балансовых запасов россыпного золота более 3 т.

По результатам деятельности недропользователей, в рамках механизма «заявительного принципа» после постановки на Государственный баланс запасов на начало марта 2023 г. выданы 182 лицензии на разведку и добычу ПИ, по 53 из них с 2017 по 2021 гг. было добыто около 5 тонн россыпного золота.

Представленные данные показывают сосредоточение основного интереса недропользователей на ГИ месторождений золота, что выражается в значимых результатах на данный вид ПИ в рамках действия механизма. Основная доля, 82 %, прироста балансовых запасов приходится на коренные объекты, на россыпные – 18 % (см. рис. 5).

Для золота прирост запасов по лицензиям «заявительного принципа» получен в 21 субъекте РФ (рис. 6). Наибольшая доля прироста, 51 %, обеспечена Забайкальским краем, далее следуют Респуб-

лика Саха (Якутия) – 30 %, Хабаровский край – 3,5 %, Иркутская область – 3,5 %.

Положительный результат воспроизводства сырьевой базы рудного золота на начало 2023 г. обеспечен на 14 объектах в рамках 10 лицензионных участков на территории 6 субъектов РФ. Суммарно 88 % прироста балансовых запасов рудного золота в рамках действия механизма «заявительного принципа» внесли три крупных месторождения – Лугокан, Роман и Токкинское. История открытия этих объектов имеет ряд особенностей, рассмотренных ниже.

Наиболее крупным коренным месторождением по приросту запасов золота является комплексное медно-порфировое месторождение Лугокан (протокол ГКЗ № 7093 от 27.09.2022), запасы которого (124,1 т) составляют более половины (55,7 %) суммарного прироста запасов коренных месторождений. Согласно проекту на проведение работ, первые сведения о рудоносности района относятся к XVIII в. В 1930–1940-х гг. проводились поисково-разведочные работы на золото, вольфрам

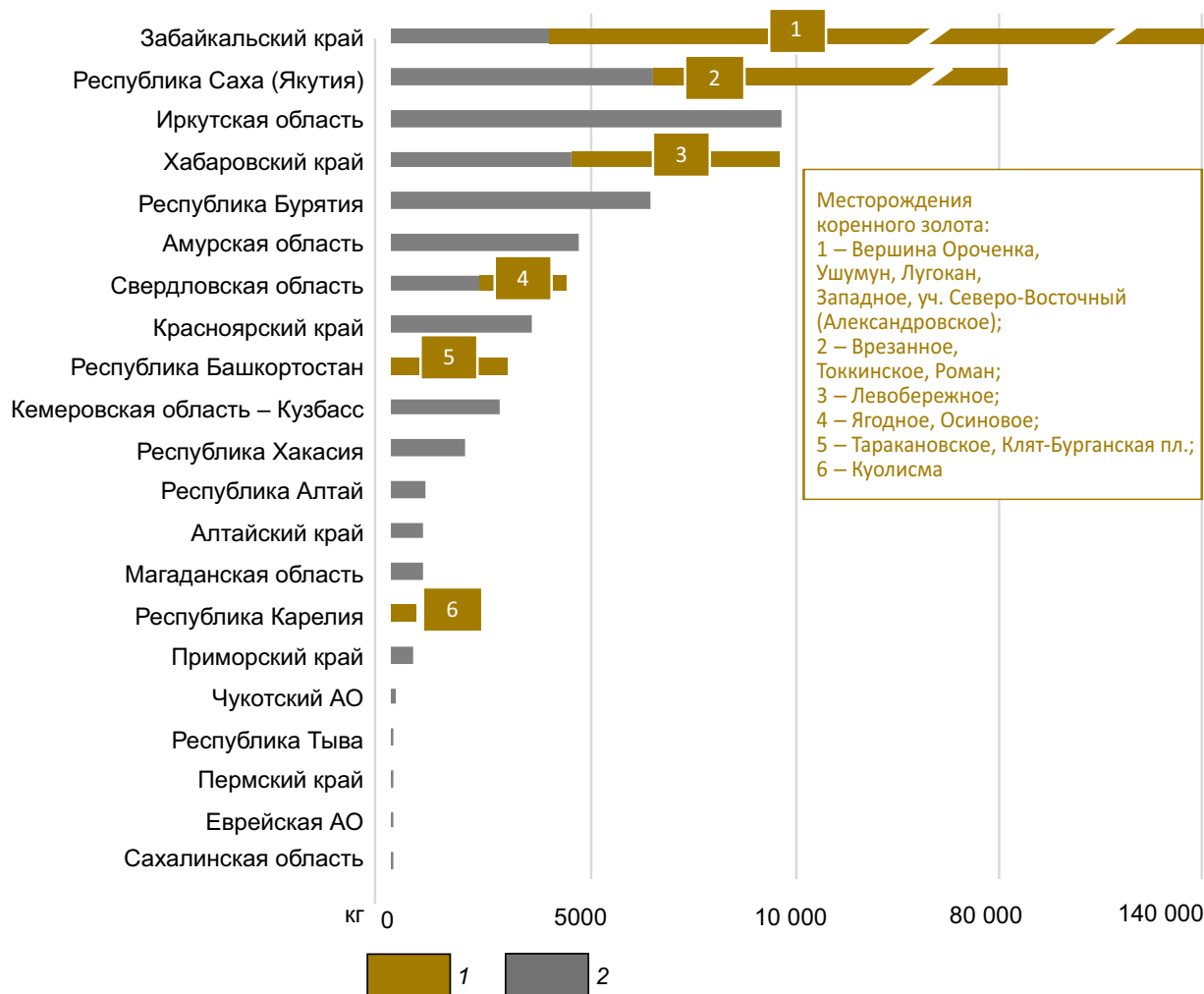


Рис. 6. Распределение прироста запасов золота, полученного по «заявительному принципу», по субъектам РФ за период с 2014 по 2022 гг.:

золото: 1 – коренное, 2 – россыпное

и олово. В 1956–1958 гг. Междуреченской партией проведена геологическая съёмка масштаба 1:200 000. В 1986–1990 гг. в пределах Лугоканского рудопроявления проводились поисковые работы масштаба 1:25 000 Таежной партией с применением геофизических методов. В период с 2006 по 2015 гг. по объекту «Лугоканская перспективная площадь» проводились поисковые и оценочные работы за счёт собственных средств ООО «ГРК “Быстринское”» (дочернее предприятие ОАО «ГМК “Норильский никель”»). Таким образом, месторождение Лугокан нельзя отнести к чисто «новым» объектам, поскольку территория проводимых работ обладала известным потенциалом

рудноносности с прогнозными ресурсами категорий P_1 , P_2 и P_3 (протокол № 65 НТС Забайкалнедра от 31.02.2012).

Два золото-сульфидных месторождения Роман (49,4 т) и Токкинское (23,5 т), запасы которых составляют 22,2 и 10,5 % от суммарных запасов рудных объектов в части прироста соответственно, по существу, являются западным флангом золоторудного кластера Гросс (включая месторождения Высокое, Тёмное, Таборное, а также многочисленные рудопроявления, согласно протоколу ГКЗ № 7224 от 30.12.2022) (рис. 7).

Указанные особенности не позволяют относить поставленные на баланс месторождения

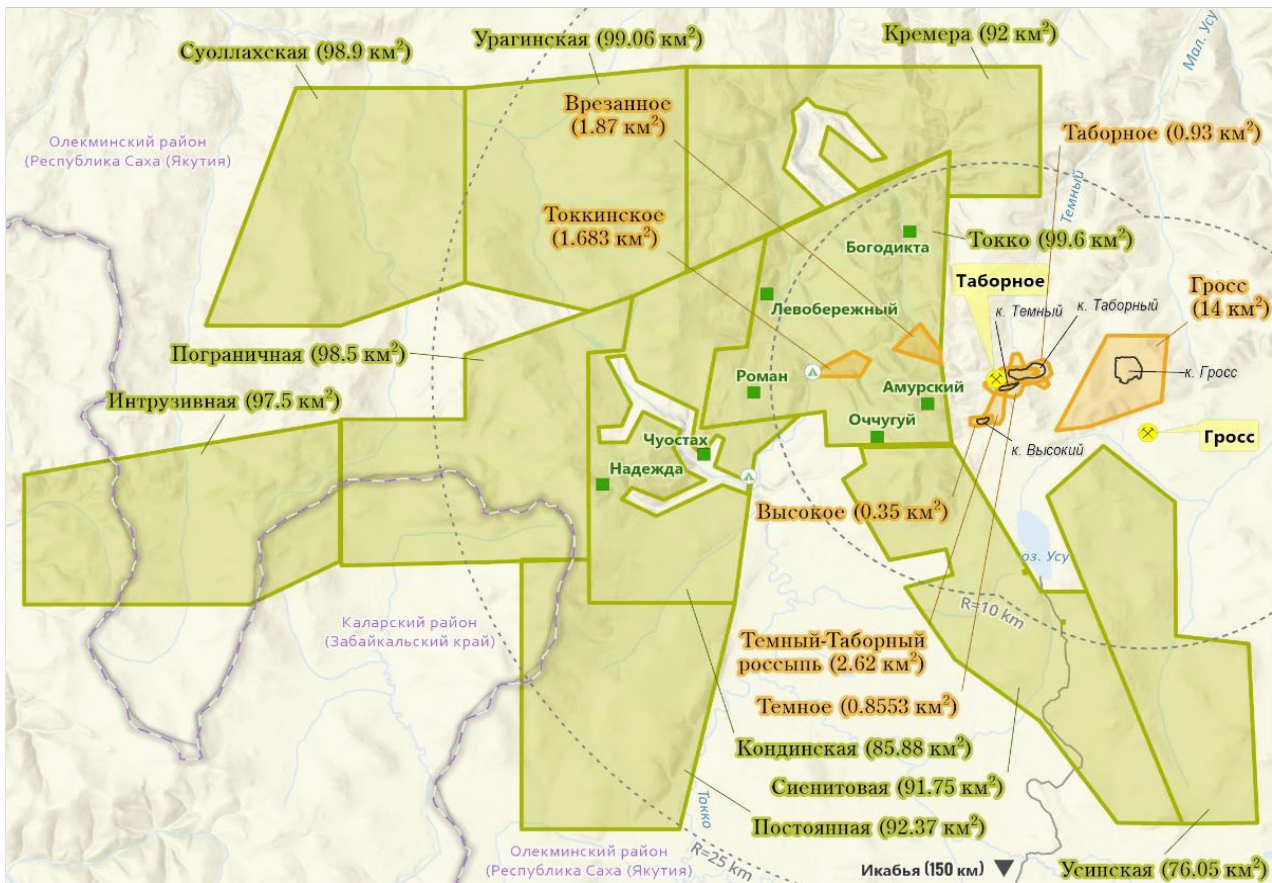


Рис. 7. Токкинский кластер. Обзорная схема. По данным [7]

к полностью «новым» объектам, поскольку территория не была слабоизученной и высокорисковой в части проведения геологоразведочных работ, направленных на выявление запасов. Из чего следует, что в перспективе работы, ведущиеся на аналогичных участках недр, приведут к дальнейшему приросту запасов коренного золота и других видов АБЦМ.

Относительно малое количество коренных месторождений (14), несмотря на их значимый вклад в общий прирост балансовых запасов золота, по-прежнему не даёт возможности проведения детальной оценки результативности ГРР, в отличие от россыпных месторождений, где их число статистически представительно.

Воспроизводство сырьевой базы россыпного золота получено на 262 лицензионных участках на территории 20 регионов РФ. Среди субъектов Российской Федерации наибольший прирост запасов россыпного золота по лицензиям, выданным

по «заявительному принципу», получен в Иркутской области (20%), Республике Саха (Якутия) (13%), Республике Бурятия (13%) и Хабаровском крае (9%) (см. рис. 6).

Для определения результативности ГРР авторами ранее [1] было предложено использовать удельные показатели: прирост запасов компонента (металла) на квадратный километр лицензионного участка и на одну лицензию.

Установлено, что размер лицензионных участков, по которым получен прирост запасов россыпного золота, не превышал 100 км², а сами лицензии были выданы до увеличения площади получаемых в пользование участков недр по механизму «заявительного принципа». Однако, переданные для ГИН участки недр характеризуются значительной вариативностью. В связи с чем, как и ранее [1], для анализа имеющейся выборки была использована дополнительная градация, представленная четырьмя группами: первая – участки

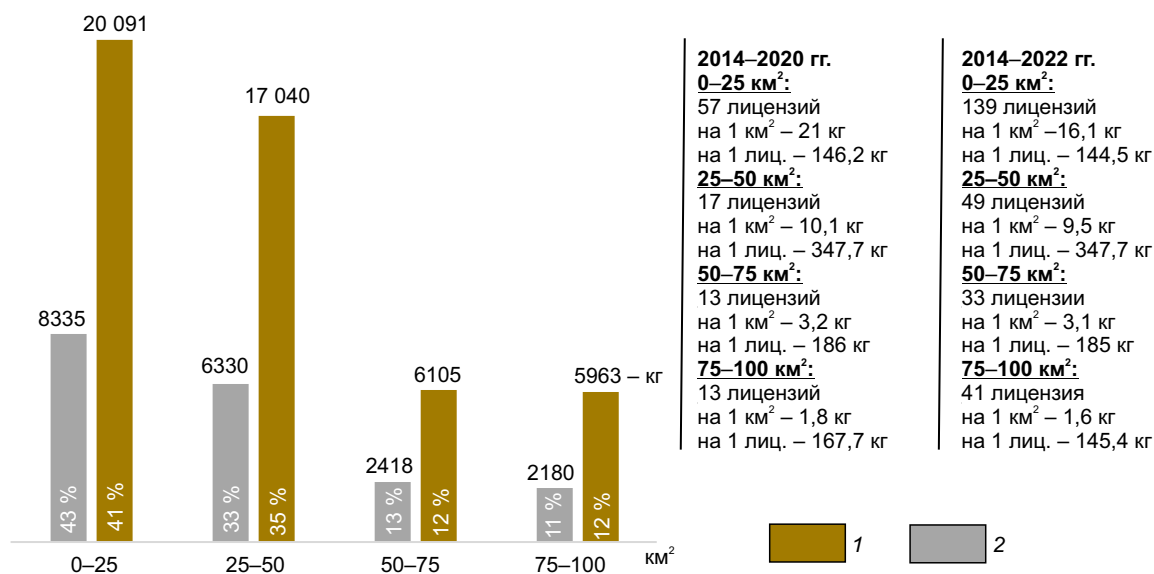


Рис. 8. Прирост балансовых запасов россыпного золота (кат. АВС₁ + С₂) по группам площадей лицензионных участков за периоды 2014–2020 и 2014–2022 гг.

недр до 25 км², вторая – от 25 до 50 км², третья – от 50 до 75 км², четвёртая – от 75 км² (рис. 8).

В результате установлено, что наиболее востребованными для лицензирования и продуктивными в части прироста запасов остаются объекты площадью до 25 км². На участки первой группы по состоянию на начало 2023 г. приходится 41 % (на начало 2021 г. было 43 %) от полученного прироста запасов россыпного золота и более половины от количества лицензий, по которым утверждены запасы россыпного золота. Стоит отметить, что доля лицензий с площадью до 25 км² снизилась с 57 % за период 2014–2020 гг. до 53 % за период 2014–2022 гг.

Далее, по мере увеличения площади лицензионных участков, для объектов, входящих во вторую, третью и четвёртую группы, отмечено уменьшение количества лицензий и соответственно их результативности по приросту балансовых запасов золота.

На объекты с площадью от 25 до 50 км² на начало 2023 г. приходятся 35 % от полученного прироста балансовых запасов россыпного золота, что на 2 % выше показателя на начало 2021 г., аналогичное увеличение отмечено и в доле лицензий с указанной площадью с 17 до 19%. Участки недр в группе 50–75 км² имеют долю в 12% в приросте, что на 1 % меньше аналогичного показателя за период 2014–2020 гг. Группа объектов с площа-

дью 75–100 км² обеспечила 12% от всего прироста балансовых запасов, увеличив на один процент данный показатель за два года.

Представленные результаты подтверждают ранее сделанные авторами предположения [1], что с введением в действие механизма «заявительного принципа» у недропользователей, в рамках правового поля, возникла возможность получить в пользование участки недр с достоверной информацией о локализации запасов полезных ископаемых. Соответственно, можно предположить, что недропользователи обладали сведениями, где проводить ГРП и какой будет продуктивность в части прироста запасов таких участков недр. Данное предположение подтверждается средним показателем прироста балансовых запасов россыпного золота на 1 км² (16,1 кг), который снизился, но по-прежнему значительно выше, чем в группах (2–4) с большими площадями, а также существенным преобладанием лицензионных участков с малыми площадями, по которым был получен положительный результат.

Чуть меньшее воспроизводство сырьевой базы россыпного золота на участках недр второй группы, 25–50 км², при значительно меньшем количестве объектов также свидетельствует о наличии у недропользователей определённых сведений о локализации россыпного золота с высокой степенью её достоверности. При этом полнота

информации меньше по сравнению с первой группой.

Соответственно, только участки недр третьей и четвёртой группы отражают «истинную» сущность действия механизма «заявительного принципа», направленную на геологическое изучение с целью воспроизводства МСБ, где нет информации, позволяющей чётко определить наличие продуктивной территории, и для прироста запасов полезного ископаемого требуется полноценное проведение геологоразведочных работ.

Ранее авторами допускалось, что максимальный прирост балансовых запасов россыпного золота в рамках действия механизма «заявительного принципа» можно ожидать в 2022–2023 гг. [1]. Так, в 2022 г. прирост балансовых запасов составил 18,5 т, что составляет 38% от суммарного прироста запасов россыпного золота за период 2014–2022 гг. С учётом имеющихся тенденций реализации механизма «заявительного принципа», выраженных динамикой подачи заявок, их удовлетворения и выдачи лицензий, результативности ГРР, можно допустить, что прирост запасов россыпного золота в ближайшие несколько лет будет находиться в динамике роста.

При этом в перспективе по мере исчерпания задела объектов, по которым имеется информация о локализации запасов полезных ископаемых, остаётся высоким риск снижения результативности реализации механизма «заявительного принципа».

Оказать влияние на результаты действия механизма «заявительного принципа» могут вводимые в субъектах РФ ограничения на лицензирование участков недр, в том числе по «заявительному принципу». Так, с 2020 по 2022 гг. такой процесс произошёл в трёх субъектах РФ.

Кемеровская область – Кузбасс. В 2020 г. по решению Роснедр приостановлена выдача лицензий по «заявительному принципу» на предоставление участков недр для геологического изучения россыпного золота по причине загрязнения рек в северных районах области на протяжении нескольких лет. Получить лицензию на золотодобычу теперь можно только через аукцион или конкурс [4].

Камчатский край. В 2021 г. Минприроды России ввело ограничения на освоение участков россыпного золота в южной и центральной частях Камчатского края. После введения моратория на участки в указанных районах не будут выдаваться

новые лицензии, проводиться аукционы. На указанной территории реализуется проект Кроноцкого заповедника, рыба идёт на нерест [6].

Амурская область. В 2022 г. Роснедра объявили всю территорию Амурской области площадью под государственное геологическое изучение, следовательно, на ней не могут выдаваться другие лицензии на поиски. Основанием решения стали действия отдельных недобросовестных недропользователей, имевших поисковые лицензии и осуществлявших добычу, при этом их деятельность трактовалась территориальной прокуратурой не как незаконная добыча, а как нарушение условий лицензии [5].

Таким образом, сложившаяся практика выражает вероятность принятия различных ограничений по лицензированию участков недр с целью поисков и оценки на территориях и других субъектов РФ.

Соответственно, перелом имеющейся тенденции в реализации механизма «заявительного принципа» в части объектов россыпного золота требует адекватного наращивания объёмов затрат в реальном выражении (с учётом инфляции) на ГРР на участках недр, где нет достаточной информации о локализации запасов, сопоставимый с высокопродуктивными объектами с малыми площадями.

Увеличение затрат на ГРР может способствовать развитию рынка сервисных компаний, предоставляющих услуги в части выполнения работ по ГИН. Поскольку в целом малое количество результативных участков по сравнению с числом выданных лицензий может объясняться отсутствием у недропользователей, получивших лицензии по механизму «заявительного принципа», соответствующего кадрового обеспечения, необходимых знаний и общей информированности, технического и технологического обеспечения.

Для удовлетворения имеющегося спроса на квалифицированных специалистов, необходимых для наращивания результативности действия механизма «заявительного принципа», сформировалась задача увеличения количества подготовки соответствующих кадров геологической отрасли различного профиля, в том числе включающая мероприятия по повышению квалификации у уже задействованных работников, что должно найти отражение в учебных планах и программах ВУЗов с возможным привлечением профильных организаций и бизнес-структур.

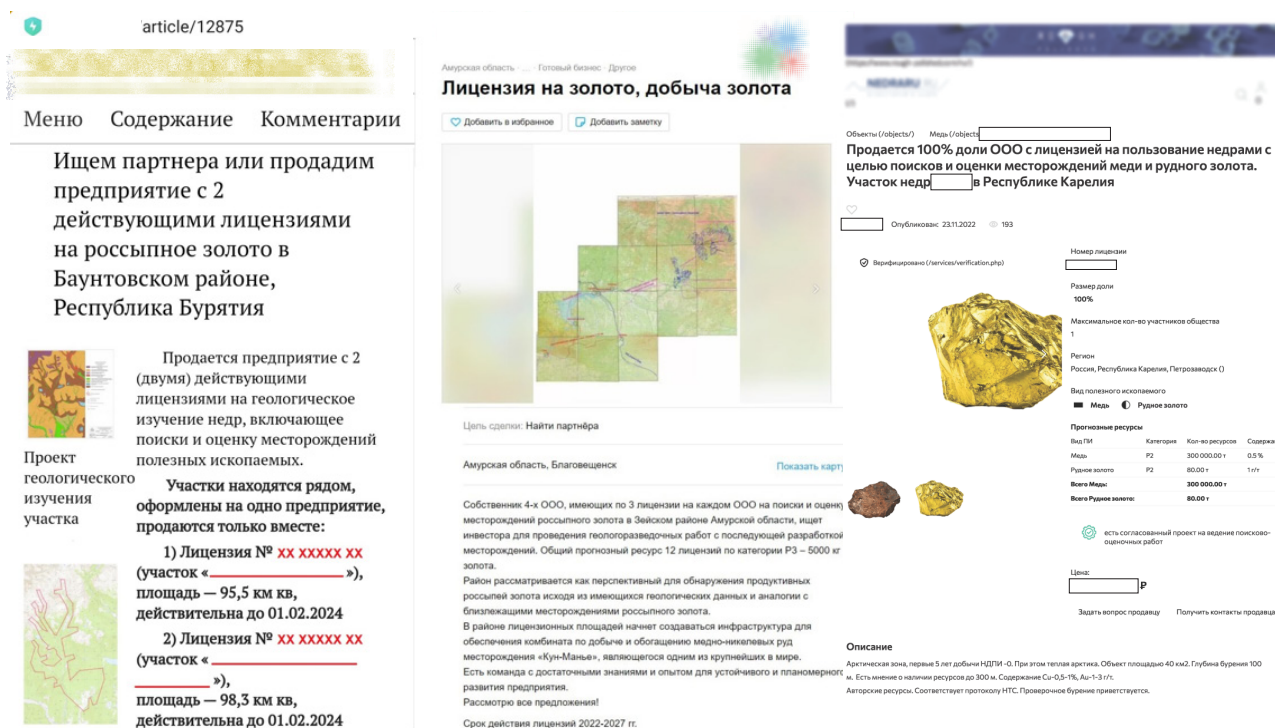


Рис. 9. Примеры объявлений на интернет-сервисах по продаже лицензионных участков

Требуется также создание законодательной основы финансового регулирования по привлечению заёмного капитала для работы предприятий, осуществляющих ГИН по указанному механизму, поскольку реализуемые решения в этой области [8], как представляется, носят ограниченный характер, связанный с малым числом потенциальных участников биржи относительно количества недропользователей, с действующими лицензиями данного вида.

Следует также отметить, что одной из целей введения заявительного порядка лицензирования участков недр с целью поисков и оценки месторождений было создание условий для развития в России юниорных компаний. С 2014 по 2023 гг. за счёт действия механизма «заявительного принципа» количество действующих поисковых лицензий на АБЦМ возросло почти в 30 раз (с 218 до 6319). Кроме того, такое резкое увеличение объёма лицензирования послужило стимулом для активных работ по цифровизации отрасли и введению в свободный оборот поисковых лицензий. По сути, можно утверждать, что был создан новый рынок по обращению лицензионных участков между его участниками.

Компании, владеющие поисковыми лицензиями, полученными по «заявительному принципу», начали поиск инвесторов для совместного освоения или продажи участков недр в виде самостоятельного юридического лица (предприятия). Данный процесс начал приобретать «стихийный» характер, так как в отрасли отсутствует единая цифровая специализированная платформа для этих целей.

Мониторинг различных интернет-сервисов для размещения объявлений о товарах, вакансиях и услугах показал активное наращивание предложений о продаже лицензионных участков или по их совместному освоению (рис. 9).

В условиях, когда отсутствует специализированная площадка по продаже предприятий с поисковыми лицензиями, большей части участников этого рынка сложно сориентироваться и получить желаемый результат. Как представляется, необходим переход от «стихийного» характера торговли к регулируемому. Проблема назрела и государству необходимо обратить на неё внимание. Возможным её решением могло бы стать создание специализированной многофункциональной платформы для всех участников рынка,

где владельцы лицензионных участков могли бы найти соинвестора для совместного освоения или продать предприятие с лицензиями, найти подрядчика для выполнения определённых работ или оказания услуг, подобрать квалифицированные кадры, продать или приобрести оборудование и многое другое. Кроме того, такая площадка могла бы дать дополнительное развитие рынку сервисных компаний, предоставляющих услуги в части выполнения работ по ГИН.

Государство, создав такую площадку, могло бы выступить регулятором данного процесса, используя существующие отраслевые сервисы для верификации участников процесса и данных по участкам недр.

Потенциальным интересантом такой платформы может стать и крупный бизнес. В настоящее время с его стороны отмечены мероприятия по взаимодействию с юниорными компаниями. Так, крупная добывающая компания «Полиметалл» организовала конкурс юниоров, задачей которого является отбор наиболее перспективных проектов в сфере недропользования с целью расширения сырьевой базы действующих предприятий. Конкурс проводится с 2018 г., и имеются положительные результаты, выраженные в создании совместных геологоразведочных предприятий (Таймыр, Матенвунай и др.) [9].

Резюмируя, можно утверждать, что механизм «заявительного принципа» характеризуется зна-

чительным инвестиционным интересом со стороны недропользователей, его нормативно-правовая основа регулярно совершенствуется, объём фактического финансирования ГРП ежегодно растёт, прирост балансовых запасов по золоту, серебру находится в положительной динамике и в ближайшие несколько лет данная тенденция сохранится. Основной интерес недропользователей сосредоточен на поиске месторождений золота, остальные виды АБЦМ существенно уступают в объёмах поданных заявок и выданных лицензий. При этом в реализации механизма «заявительного принципа» отмечен ряд негативных аспектов. Объём фактического финансирования не соответствует представленным объёмам по стоимости работ по проектам и количеству выданных лицензий, это может указывать на то, что часть недропользователей не предоставляет данные либо не ведёт работы, «заблокировав» территорию лицензионного участка в иных целях. В перспективе возможно снижение динамики количества подаваемых заявок на ГИН по ряду причин, которые обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования условий выдачи лицензий по механизму «заявительного принципа», например, снятие ограничений на выдачу лицензий с прогнозными ресурсами категорий P_1 и P_2 на территории других федеральных округов, аналогично Сибирскому и Дальневосточному ФО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Я. В., Попов И. В.* «Заявительный принцип», основные результаты работ на алмазы, благородные и цветные металлы // Отечественная геология. – 2021. – № 3–4. – С. 3–10.
2. *Иванов А. И., Алексеев Я. В., Черных А. И., Наумов Е. А., Куликов Д. А., Тарасов А. С., Конкина О. М., Минькин К. М., Попов И. В.* Благородные металлы Российской Федерации – состояние минерально-сырьевой базы и перспективы её развития // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 3–25.
3. *Приказ* Минприроды России и Роснедра от 28 октября 2021 года № 802/20 «Об утверждении порядка предоставления права пользования участками недр для геологического изучения недр, включающего поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, на участке недр, не включенном в перечень участков недр для геологического изучения недр, за исключением недр на участках недр федерального значения и участках недр местного значения».
4. *В Кузбассе* приостановили выдачу лицензий... [Электронный ресурс]. – URL: https://tass.ru/ekonomika/8978003?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop. Дата обращения 17.07.2020.
5. *В Приамурье* прекращена выдача... [Электронный ресурс]. – URL: <https://gold.lprime.ru/news/20221108/474205.html>. Дата обращения 10.11.2022.
6. *Новости* [Электронный ресурс]. – URL: https://mnr.gov.ru/press/news/aleksandr_kozlov_my_vvodim_moratoriy_na_dobychu_zolota_v_nerestovykh_rekakh_kamchatki_/?sphrase_id=558939. Дата обращения 31.08.2021.
7. *Потанин А. С., Чварова Н. В.* Поиски и оценка рудного золота в бассейне р. Токко (Южная Якутия) / Научно-практическая конференция «Актуальные проблемы

поисковой геологии» (22.11.2022–24.11.2022). ФГБУ «ВИМС» г. Москва [Электронный ресурс]. – URL: <https://vims-geo.ru/documents/648/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%90%D0%A1.pdf>. Дата обращения 24.03.2023.

8. *Российским юниорам открыли дорогу на биржу* [Электронный ресурс]. – URL: <https://gold.lprime.ru/reviews/20220505/453790.html>. Дата обращения 06.05.2022.

9. *Совместные геологоразведочные предприятия* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.poly-metalinternational.com/ru/assets/exploration-jv/?type=2022>. Дата обращения 01.03.2023.

10. *ФГИС «АСЛН»* [Электронный ресурс]. – URL: <https://asln.rosnedra.gov.ru/>. Дата обращения 03.05.2023.

REFERENCES

1. *Alekseyev Ya. V., Popov I. V.* «Zayavitel'nyy printsip», osnovnyye rezul'taty rabot po almazam, blagorodnym i tsvetnym metallam [«The declarative principle», the main results of work on diamonds, noble and non-ferrous metals]. *Otechestvennaya geologiya*, 2021, No. 3–4, pp. 3–10. (In Russ.)

2. *Ivanov A. I., Alekseyev Ya. V., Chernykh A. I., Naumov Ye. A., Kulikov D. A., Tarasov A. S., Konkina O. M., Min'kin K. M., Popov I. V.* Blagorodnyye metally Rossiyskoy Federatsii – sostoyaniye mineral'no-syr'yevoy bazy i perspektivy yeyo razvitiya [Precious metals of the Russian Federation – the state of the mineral resource base and the prospects for its development]. *Otechestvennaya geologiya*, 2022, No. 1, pp. 3–25. (In Russ.)

3. *Prikaz* Minprirody Rossii i Rosnedra ot 28 oktyabrya 2021 goda No. 802/20 «Ob utverzhdenii poryadka predostavleniya prava pol'zovaniya uchastkami neдр dlya geologicheskogo izucheniya neдр, vklyuchayushchego poiski i otsenku mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh, na uchastke neдр, ne vklyuchennom v perechen' uchastkov neдр dlya geologicheskogo izucheniya neдр, za isklyucheniye neдр na uchastkakh neдр federal'nogo znacheniya i uchastkakh neдр mestnogo znacheniya» [Order of the Ministry of Natural Resources of Russia and Rosnedra dated October 28, 2021 No. 802/20 «On approval of the procedure for granting the right to use subsoil plots for geological

study of subsoil, including prospecting and evaluation of mineral deposits, in a subsoil plot not included in the list of subsoil plots for geological study of subsoil, with the exception of subsoil in subsoil plots of federal significance and sites subsoil of local importance.]. (In Russ.)

4. *Issuance of licenses suspended in Kuzbass...*, available at: https://tass.ru/ekonomika/8978003?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (17.07.2020)

5. *Issuance stopped in the Amur region...*, available at: <https://gold.lprime.ru/news/20221108/474205.html> (10.11.2022)

6. *News...*, available at: https://mnr.gov.ru/press/news/aleksandr_kozlov_my_vvodim_moratoriy_na_dobychu_zolota_v_nerestovyykh_rekakh_kamchatki/?sphrase_id=558939 (31.08.2021)

7. *Potanin A. S., Chvarova N. V.* Poiski i otsenka rudnogo zolota v bassejne r. Tokko (Yuzhnaya Yakutiya) [Prospecting and evaluation of ore gold in the basin of the river. Tokko (South Yakutia)], available at: <https://vims-geo.ru/documents/648/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%90%D0%A1.pdf> (24.03.2023)

8. *Russian juniors opened the way to the stock exchange*, available at: <https://gold.lprime.ru/reviews/20220505/453790.html> (06.05.2022)

9. *Joint exploration ventures*, available at: <https://www.poly-metalinternational.com/ru/assets/exploration-jv/?type=2022> (01.03.2023)

10. *FSIS «ASLN»*, available at: <https://asln.rosnedra.gov.ru/> (03.05.2023)

Статья поступила в редакцию 03.05.23; одобрена после рецензирования 12.05.23; принята к публикации 15.05.23. The article was submitted 03.05.23; approved after reviewing 12.05.23; accepted for publication 15.05.23.

Типоморфные признаки самородного золота россыпей Тарлауской площади (Южный Урал)

Исследованы типоморфные признаки самородного золота двух россыпей Тарлауской площади. Установлена миграция золотин как на более низкие гипсометрические уровни в коре выветривания, так и при переносе водными потоками. Комплекс изученных признаков позволяет свидетельствовать об отложении золота в единую стадию рудного процесса, предполагать в качестве коренного источника проявление золото-сульфидно-кварцевого рудно-формационного типа, а также отнести Тарлаускую и Муринскую россыпи к началу зоны рассеяния единой россыпи.

Ключевые слова: золото, типоморфизм, внутреннее строение, россыпь Тарлауская, россыпь Муринская, Южный Урал.

ШАТИЛОВА ЛЮДМИЛА ВИКТОРОВНА, старший научный сотрудник¹, shatilova@tsnigri.ru

ПОЗДНЯКОВА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник¹, natali-silver@bk.ru

КРАСНОВ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ, начальник отдела¹, krasnov@tsnigri.ru

РОГОВА ОЛЬГА ЮРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог², rolya69@mail.ru

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

² ООО «Миасский прииск», г. Миасс

Typomorphic features of native gold in the placers of the Tarlau area (Southern Urals)

L. V. SHATILOVA¹, N. N. POZDNYAKOVA¹, A. N. KRASNOV¹, O. Yu. ROGOVA²

¹ Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

² LLC "Miassky priisk", Miass

Typomorphic features of native gold from two placers of the Tarlau area were studied. It was demonstrated that migration of the gold particles had been proceeded both through transition to lower hypsometric levels in the weathering crust and during transportation by water flows. The complex of the studied features allows one to testify for the gold deposition within a single stage of the ore process, to suggest that the primary source was represented by a gold-sulfide-quartz type occurrence, and to assign the Tarlau and Murin placers to the origin section of the scattering zone of a unified placer.

Key words: gold, typomorphism, internal structure, Tarlau placer, Murin placer, Southern Urals.

Введение. Изучение особенностей строения россыпей и типоморфизма россыпного золота в них неразрывно связано с поисками коренных золоторудных объектов. Анализ комплекса признаков самородного золота россыпей Тарлауская и Муринская в долине р. Урал позволяет предположить тип источников коренного золота и их местонахождение, а также установить их сохранность на уровне современного эрозионного среза.

В статье изучено изменение типоморфных признаков золотин в продольном профиле россыпей

Тарлауская и Муринская в правом борту долины р. Урал, что позволило предположить наличие источников рудного золота как в верховьях, так и в средней части профиля.

Данные россыпи расположены на Тарлауской площади в верховьях долины р. Урал при впадении в р. Тарлау. Административно участок находится в муниципальном Учалинском районе Республики Башкортостан (рис. 1). В работе рассматриваются признаки золота двух россыпей – Тарлауской (БЛ 0–14) и Муринской (БЛ 82).

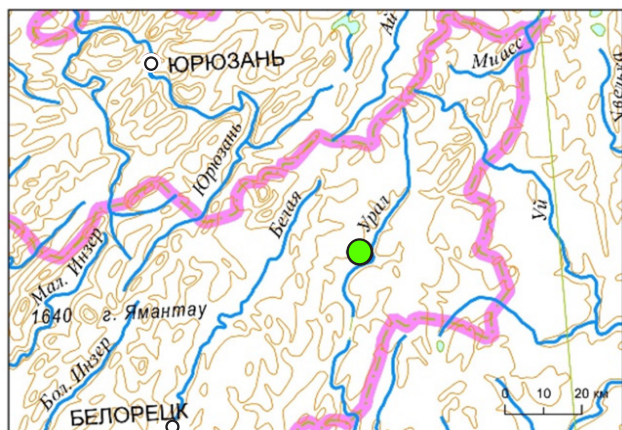


Рис. 1. Обзорная схема расположения участка россыпей Тарлауской площади (Учалинский район Республики Башкортостан):

зелёный кружок – россыпь Тарлауская

Геолого-геоморфологическое строение района и его золотоносность. В геологическом плане, по данным предшественников [1, 4, 6, 7], район приурочен к зоне сочленения западного крыла Магнитогорского мегасинклинория с Уралтауским антиклинорием и сложен метаморфическими образованиями верхнего протерозоя (рифей–венда), палеозоя (ордовика и девона), интрузивными породами среднего, основного и ультраосновного состава, мезозойскими корами выветривания, рыхлыми отложениями кайнозоя.

Современный рельеф района характеризуется многообразием форм геоморфологического строения, особенности которого выражены в разнообразии высотных отметок, сочетании крутых склонов с выровненными поверхностями. В этом районе традиционно выделяются орографические зоны восточного склона хр. Уралтау и хр. Мышагир (Ирендьская зона), Миндякская эрозионно-структурная депрессия.

Миндякская эрозионно-структурная депрессия является широким (до 4,5 км) долинообразным понижением, параллельным основным разрывным и складчатым дислокациям палеойского заложения. Западная её граница близко совпадает с зоной Главного Уральского разлома, восточная – также контролируется тектоническим нарушением. Для депрессии характерны плосковершинные, иногда куполовидные формы возвышенностей, представляющие собой останцовые фрагменты денудаци-

онных планаций, разделённые понижениями долины, её днище местами занято заболоченными низинами. В формировании рыхлых отложений депрессии отмечаются два этапа. На первом этапе в плиоцене после длительной пенеplanation и мезозойского корообразования происходило образование констративного аллювия рек с малым продольным уклоном и грубообломочным аллювием с золотом боковых водотоков. С этими отложениями связаны россыпи Карашар, Тусту, Тарлауская, Муринская, с уклонами плотика, существенно отличающимися от современных уклонов в долине р. Урал. На втором этапе в четвертичном периоде произошла существенная перестройка речной сети, в результате чего четвертичные отложения налегают на более ранние рыхлые отложения с размывом, заполняя две погребённые террасы и современные долины. Золотоносность аллювия слабая, повышения её наблюдаются на участках, располагающихся у границ эрозионных врезов. Основная масса золота в четвертичные россыпи поступала за счёт размывов золотосодержащих более древних рыхлых отложений (промежуточных коллекторов). Промышленная золотоносность в аллювии среднего плейстоцена и частично позднего плейстоцена установлена в погребённых террасовых россыпях, перемытых за счёт ранее существовавших россыпей.

Для Миндякской депрессии отмечается пространственная связь россыпей золота с зонами развития гидротермально изменённых пород [1, 6]. На расположенном к юго-западу (в 7–10 км) и ниже по течению реки Урал Уразовском золоторудном поле известны россыпи (Террасовая-I, II, III, Уразовская, Жуковская I, II, Кызыл-Таш, Афонинская), а также золоторудные проявления Муранинское и Уразовское (золото-сульфидные), Батмакайское и Пучковское (золото-сульфидно-кварцевые), Кутуевское (бурые железняки зоны окисления по сульфидным рудам) [6]. На восточном фланге находятся месторождение Ново-Александровское (золото-сульфидное) [4] и золото-кварцевая жила Тарасовская [1]. На основании этих данных можно сказать, что коренная золотоносность в районе представлена золото-кварцевыми и золото-сульфидно-кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами в приконтактовой части интрузивных массивов диоритов [4, 7].

Россыпь Тарлауская расположена в приустьевой части левобережья р. Тарлау (см. рис. 2) [1, 7]. Она залегает в жёлобообразном понижении

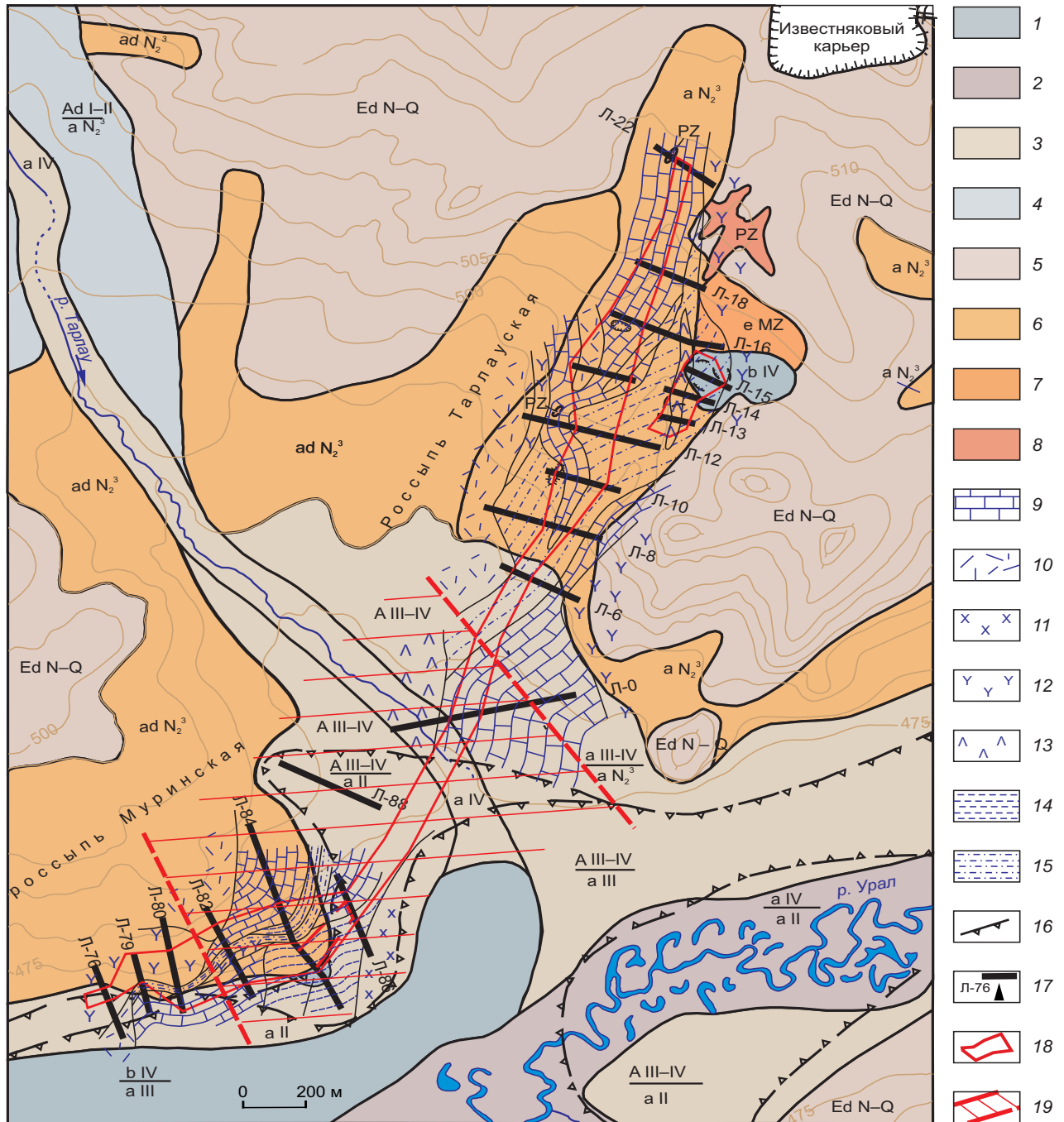


Рис. 2. Схематическая геологическая карта распространения россыпей в пределах Тарлауской площади (по материалам ООО «Миасский прииск», 2021):

1–4 – четвертичные отложения: 1 – болотные отложения (b IV), 2 – русловой аллювий ручьёв и рек (a IV), 3 – аллювий пойм и русел (a II–IV), 4 – аллювий-делювий (ad I–II); 5 – элювий-делювий (ed N–Q); 6 – аллювий и аллювий-делювий плиоценового возраста (ad N₂³); 7 – мезозойские коры выветривания (a MZ); 8 – палеозойские породы (PZ); 9–15 – крап пород плотика россыпей: 9 – известняки, 10 – кора выветривания, 11 – габбро-диориты, 12 – порфириты и их туфы, 13 – серпентиниты, 14 – песчаники, 15 – кремнистые сланцы; 16 – границы эрозионного четвертичного вреза, не выраженные в рельефе; 17 – линии бурения и их номера; 18 – контуры россыпей Тарлауская и Муринская (по материалам ООО «Миасский прииск», 2021); 19 – участок россыпи, перспективный на выявление рудной минерализованной зоны

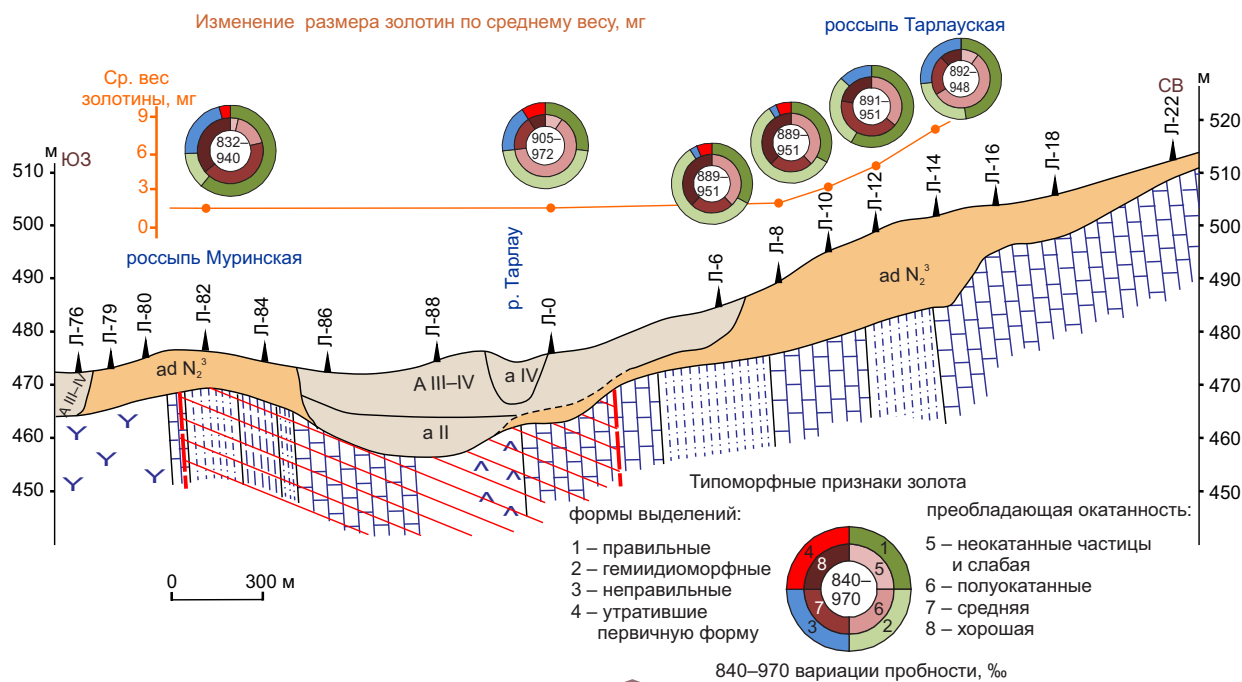


Рис 3. Продольный разрез россыпей Тарлауская–Муринская (с использованием материалов В. Ф. Соколова, 2003):

см. услов. обозн. к рис. 2

в рельефе плотика субмеридиональной ориентировки, с выходами коренных пород в её бортах (рис. 3). Протяжённость россыпи (по старым сохранившимся отработкам) составляет около 1,5 км. По сведениям А. В. Кузнецова (1937), россыпь разрабатывалась в 1890–1901 и 1904 гг. открытым ручным «мускульным» способом. Было добыто 61,9 кг золота при среднем содержании на пласт 1,3 г/м³.

Россыпь сложного геологического строения, делювиально-аллювиальная (ложковая), эоплейстоценового возраста, вложена в плиоценовую террасу. Геологический разрез рыхлых отложений россыпи Тарлауской по набору литологических признаков типичен для образований плиоцена (см. рис. 3).

Выделяются три основных горизонта. В основании разреза залегает аллювий, мощностью до 7 м, представленный жёлто-бурыми глинами с включениями гравийно-галечного материала (до 35%) и валунов (до 15%). В составе обломочного хорошо окатанного материала преобладают кварц, кварцитовидные сланцы, в переменных количествах (до 10%) присутствуют железисто-марганцовистые образования. С жёлто-бурым слоем ал-

лювия в россыпи связаны наибольшие концентрации золота. Выше на жёлто-бурый аллювий и местами на плотиковую поверхность налегает слой (до 6 м) плотных, трудномывких глин красно-коричневого цвета с включениями (до 10%) гравийно-галечного и обломочного материала. Количество железисто-марганцовистого бобовника уменьшается по сравнению с подстилающим аллювием жёлто-бурого цвета. В целом золотоносность отложений ниже, чем в предыдущих, хотя в отдельных пробах отмечены высокие содержания золота. Верхняя слабозолотоносная часть разреза мощностью до 3 м представлена плотными, трудномывкими глинами тёмно-коричневого цвета, слабопесчанистыми, с включениями (до 20%) гравийно-галечного материала, которая может залегать как на среднем, так и нижнем слоях. Железисто-марганцовистый бобовник встречается в небольших количествах.

На южном фланге россыпи в долине р. Тарлай плиоценовые отложения размыты и сохранились в останцовых формах, приуроченных к переуглублениям плотика, перекрыты отложениями верхнего плейстоцена, голоцена.

Плотик россыпи неровный с нечётко выраженными переуглублениями вдоль осевой части и поднятиями в бортах, сложен мраморовидными известняками, песчаниками, порфиритами, серпентинитами, глинистыми корами выветривания. Присутствие серпентинитов, участков рассланцевания, оталькованных пород свидетельствует о том, что россыпь находится в зоне влияния глубинного разлома.

Россыпь Мурунская расположена в правом борту долины р. Тарлау, в 5,5 км к западу от с. Ильтибаново. Она делювиально-аллювиальная (ложковая) эоплейстоценового возраста, прорезает плиоценовую террасу и сопряжена с эоплейстоценовой аллювиальной толщей. В отвалах россыпи наблюдаются песчано-глинистые красноцветные образования с хорошо окатанной галькой и мелкими валунами кварца, кварцитов, кремнистых сланцев. В плотике вскрыты серпентиниты и известняки. Протяжённость разработок 500 м, ширина от 40 до 100–150 м, глубина залегания пласта, судя по отвалам, 5–6 м [1].

Строение россыпи Мурунская близко строению россыпи Тарлауская с небольшими отличиями в деталях (см. рис. 3). Так, в нижнем аллювиальном горизонте В. Ф. Созиновым (2003) отмечается присутствие гальки, имеющей на поверхности тонкий слой красновато-бурого цвета, так называемый «загар», который объясняется жаркими условиями климата при формировании аллювия и косвенно указывает на древний возраст отложений. В составе обломочного материала присутствуют железисто-марганцовистые включения (до 10%). С жёлто-бурым слоем аллювия в россыпи связаны наибольшие концентрации золота. Максимальная мощность отложений составляет 7 м [2].

Методика исследования. Исследования самородного золота проводились по методикам, разработанным в ФГБУ «ЦНИГРИ» [3, 5], по пробам золота из 6 буровых линий, пройденных по двум россыпям Тарлауской площади (БЛ 0, 8, 10, 12, 14, 82). Они включали изучение крупности золота, форм и степени их изменения, наличия сростков с другими минералами, характера поверхности, определение химического состава отдельных золотин и их внутреннего строения.

Распределение содержаний Au и Ag в отдельных золотинах и определение состава и концентрации элементов-примесей в них определялись при помощи рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) в ИГЕМ РАН (аналитик Е. В. Коваль-

чук). Для изучения внутреннего строения золота на тех же образцах было проведено многократное структурное травление раствором $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$. В реагенте HCl играет роль сильного окислителя, а CrO_3 является комплексообразователем, который необходим для подавления реакции восстановления окисленного в процессе травления золота.

Результаты исследований. Описание проводится по телу россыпи *Тарлауская* по буровым профилям от верховьев вниз по течению.

В верховьях россыпи (БЛ 14) исследованы 24 знака золота общей массой 184,9 мг, средний вес которых составил 7,7 мг (см. таблицу). Размер золотин варьирует от 0,5 до 3,6 мм (по длинной оси).

Широко распространены трещинные и гемиидиоморфные частицы при преобладании искажённых кристаллов, их сростков с признаками скелетного роста, дендритоидов. Интерстициальные и комковидные золотины редки (рис. 4, см. таблицу). Золото полуокатанное при заметной роли среднеокатанного, встречаются хорошо и слабоокатанные разности. Единичные золотины имеют первично оглаженные формы, с округлыми выступами и гранями (результат метасоматического роста или формирования в мягких породах), которые придают частицам псевдоокатанный облик. Поверхность выделений ямчато-бугорчатая и относительно ровная, шероховатая. В грубых отпечатках от вмещающих минералов сохраняются скопления гидроксидов железа и единичные включения ожелезнённого кварца.

Пробность остаточного золота колеблется в пределах 892–948%, коррозионной оболочки – 981–999%. В составе частиц отмечаются постоянная примесь (мас.%) Hg (0,23–2,44), спорадические – Cu (0,13–0,24), Te (0,1) и Bi (0,14–0,16).

По внутреннему строению и химическому составу выделяются две разновидности золота, образующие самостоятельные выделения (рис. 5). Для Au-1 характерна разнотельная двойниковая структура, с тонкой фазовой неоднородностью, проявлениями рекристаллизации, реже деформаций, что свидетельствует о посткристаллизационных преобразованиях золота на большой глубине под влиянием процессов метаморфизма. Структура Au-2 отличается неяснотельным пятнисто-неоднородным деформированным строением.

Коррозия золотин слабая или редко умеренная, отсутствующая в углублениях их поверхности; в структуре золотин наблюдаются редкие межзерновые высокопробные прожилки и коррозионная

Литология, петрология, минералогия, геохимия

Признаки самородного золота россыпей Тарлауской площади и их изменчивость

Россыпь			Тарлауская		
Буровая линия			14	12	
Число знаков Au			24	18	
Масса общая, мг			184,9	87,9	
Масса средняя одного знака золота, мг			7,7	4,8	
Размер по длинной оси, мм			0,5–3,6	0,25–3,3	
Морфогенетические типы и виды	Сохранившиеся первичные формы	Правильные	кристаллы	21	26
			сростки кристаллов, дендритоиды	27	32
		Неправильные	трещинно-прожилковые	21	10
			цементационные	2	3
	интерстициальные		2		
	Смешанные (гемиидiomорфные)		27	29	
	Утратившие первичные формы	лепёшковидные			
каплевидные					
Окатанность	неокатанное и плохо окатанное		10		
	полуокатанное		56	36	
	среднеокатанное		22	42	
	хорошо и идеально окатанное		12	22	
Характер поверхности золотинок			Ямчато-бугорчатая и относительно ровная		
Коррозия / выщелачивание			Слабая и умеренная, в углублениях отсутствует	Слабая, в углублениях отсутствует / редко интенсивное	
Пробность, ‰			892–948	891–951	
Элементы-примеси по РСМА, в мас. %			Hg (0,23–2,44), спорадически – Cu (0,13–0,24), Te (0,10) и Bi (0,14–0,16)	Hg (0,34–2,53), спорадически – Cu (0,16–1,36), Te (0,11)	
Структура золотинок			<p>Две самостоятельные разновидности золота. Au-1 (часто) – разнoзернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью и проявлением рекристаллизации, реже деформаций. Au-2 – неяснозернистой пятнисто-неоднородной структуры с признаками деформации</p>	<p>Две самостоятельные разновидности золота. Au-1 – разнoзернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью и проявлением рекристаллизации, иногда дезинтеграции и начальной грануляции. Au-2 – пятнисто-неоднородной рекристаллизованной структуры</p>	
Сростки / плёнки			Спорадически – фрагментарные примазки гидроксидов железа		
Гипергенные преобразования			Слабые и умеренные. В структуре в виде редких межзерновых высокопробных прожилков и коррозионной каймы зародышевой или фрагментарной, мощностью до 0,02 мм, тонкозернистого строения, часто рекристаллизованной	Слабые. В структуре в виде высокопробной коррозионной каймы зародышевой, фрагментарной (0,01 мм), иногда сплошной (0,02 мм), тонкозернистого строения, часто рекристаллизованной	

Тарлауская		Муринская	
10	8	0	82
24	27	11	51
80,7	50,6	17	78
3,3	1,8	1,5	1,5
0,3–2,7	0,4–1,7	0,3–2,0	0,15–3,0
40	30	27	37
12	3		24
4	3	18	20
8			2
36	58	46	13
	3	9	4
	3		
		9	4
25	38	64	17
50	24	18	43
25	38	9	36
Ямчатая и относительно ровная		Ровная, оглаженная	У слабоокатанных – мелкоямчатая, у окатанных – выровненная
Умеренная, в углублениях иногда отсутствует	Умеренная	Умеренная / часто интенсивное	
872–946	889–951	905–972	832–940
Hg (0,25–1,84), единично – Cu (0,23) и Te (0,13)	Hg (0,33–1,69), единично – Cu (0,16–0,19), Bi (0,14), Te (0,1)	Hg (0,94–1,84), единично – Cu (0,74) и Te (0,10)	Hg (0,17–1,34), спорадически – Cu (0,14–0,97), Te (0,10–0,13)
Две разновидности золота. Au-1 (преобладает) – 898–946%, монокристалльной и разномасштабной структуры, с тонкой фазовой неоднородностью, со следами деформации и рекристаллизации. Au-2 (самостоятельные выделения и сростания с Au-1) – 877–916 %, пятнисто-неоднородной структуры, с признаками деформаций и начальной рекристаллизации	Структура Au зернистая двойниковая, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками деформаций или частичной рекристаллизации. В единичном случае на периферии выявлена фрагментарная зона пятнисто-неоднородного строения	Две разновидности золота. Au-1 – моно-, разномасштабное строение, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками рекристаллизации и деформации. Au-2 (в виде нарастаний по периферии Au-1 или реликтов в глубоко корродированных золотинах) – пятнисто-неоднородной структуры	Две разновидности золота. Au-1 (редко) – 908–940 %, неяснозернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками деформаций. Au-2 (преобладает, как самостоятельные выделения, так и отлагаясь по границам зёрен Au-1) – структура неяснозернистая, иногда двойниковая, пятнисто-неоднородная и неяснозональная, с признаками деформаций и рекристаллизации
и включения кварца; микровключения – кварца		Микровключения – пирита, галенита, кобальтина, герсдорфита	
Слабые и средние. В структуре Au-1 в виде высокопробной коррозионной каймы (до 0,1–0,2 мм) с признаками перекристаллизации	Слабые. В структуре Au в виде межзерновых высокопробных обособлений и коррозионной каймы мощностью до 0,02 мм, тонкозернистого строения, прерывистой, тонкой, с раздувами, возможно истёртой на выступах	Слабые, средние и сильные. В структуре Au в виде как тонкой высокопробной коррозионной каймы, так и более мощной, вплоть до 100% замещения первичного золота	Слабые. В структуре в виде редких тонких межзерновых высокопробных прожилков и коррозионных кайм тонкозернистого строения, сплошных, реже прерывистых (0,02–0,05 мм с раздувами до 0,07–0,12 мм)

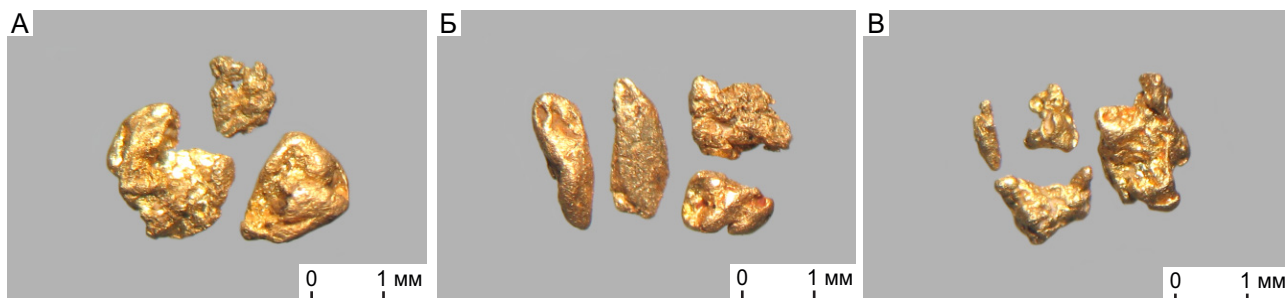


Рис. 4. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 14:

А – средней окатанности уплощённый кристалл (справа), полуокатанные трещинно-прожилковая и гемиидиоморфная частицы; Б – средне-хорошо окатанные кристаллы с гладкой поверхностью и слабоокатанная трещинно-прожилковая частица с ямчато-бугорчатой поверхностью; В – полу- и среднеокатанные удлинённый кристалл, пластинчатые дендритовидные и гемиидиоморфная частицы, с относительно ровной поверхностью, с отпечатками вмещающих минералов, придающими ямчатый вид

кайма: зародышевая и фрагментарная, маломощная (до 0,02 мм), тонкозернистого строения, часто рекристаллизованная (см. рис. 5), что обусловлено пребыванием золота некоторое продолжительное время в гипергенных условиях в состоянии покоя после высвобождения из руд и незначительной дальности переносом от коренного источника.

Ниже по россыпи на южном фланге (БЛ 12) исследованы 18 знаков золота общей массой 87,9 мг, средний вес которых составил 4,8 мг (см. таблицу).

Размер золотин по длинной оси варьирует от 0,25 до 3,3 мм.

Сохраняются морфология и гранулометрические характеристики остаточного золота, вариации пробности, коррозионной оболочки частиц, набор и концентрации элементов-примесей (рис. 6). Отмечается увеличение роли хорошо окатанного золота, появляется больше золотин с относительно ровной поверхностью с признаками умеренной коррозии и выщелачивания, отсутствующих в пустотах от выкрашивания вмещающих минералов,

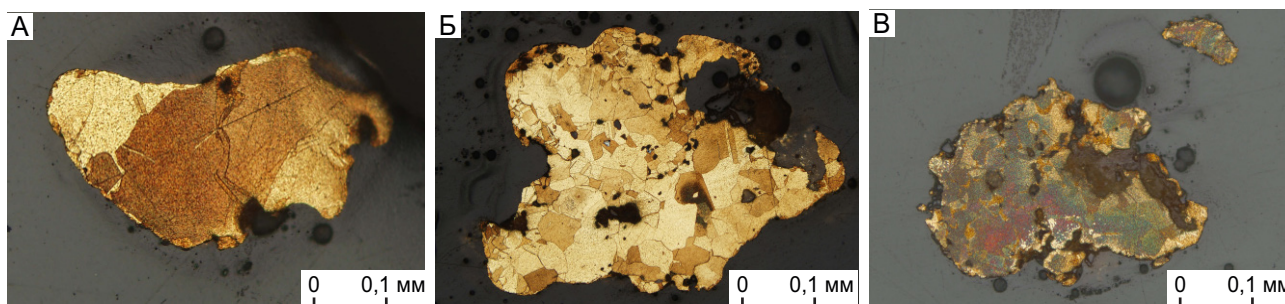


Рис. 5. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 14:

А – двойниковая структура золота с признаками эпигенетических преобразований (тонкая фазовая неоднородность, проявления начальной перекристаллизации), тонкой прерывистой коррозионной оболочкой; Б – полигонально-зернистая с элементами грануляции структура перекристаллизованного золота с тонкими межзерновыми высокопробными прожилками и прерывистой коррозионной оболочкой; В – разномзернистая пятнисто-неоднородная структура золота с развитием гипергенных высокопробных межзерновых прожилков и зародышевой коррозионной оболочкой. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

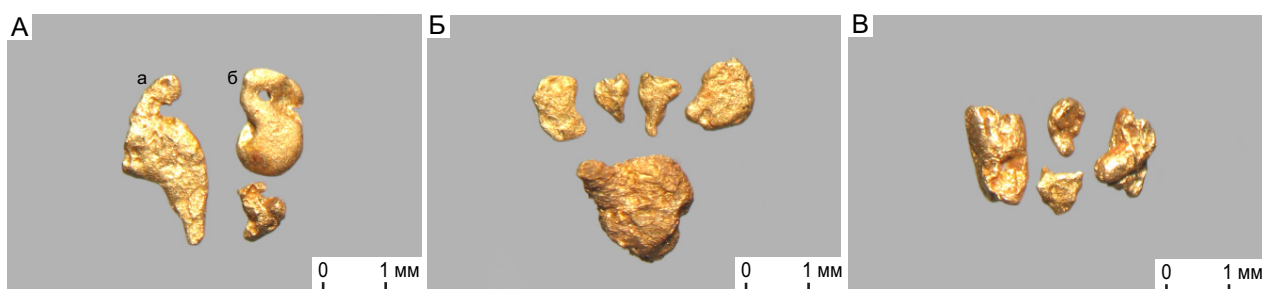


Рис. 6. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 12:

А – средней окатанности плоский сросток удлинённых кристаллов с корродированной шагреновой поверхностью (а), хорошо окатанный сросток пластинчатых кристаллов и гемиидиоморфная золотина с ячеисто-бугорчатой поверхностью (б); Б – средней окатанности уплощённые кристаллы с признаками расщеплённого роста, неясно выраженный кристаллический сросток и хорошо окатанная тонкопластинчатая золотина, с относительно ровной и мелкозанозированной, корродированной поверхностью; В – хорошо и среднеокатанные искажённые кристаллы и гемиидиоморфные частицы

что выражается в структуре частиц в виде тонкозанозистого края и частично истёртой на выступах коррозионной оболочки и свидетельствует о перемещении частиц золота (см. рисунки 6, 7).

По внутреннему строению и химическому составу также установлены самостоятельные выделения Au-1 с проявлением рекристаллизации, иногда признаками дезинтеграции и начальной грануляции и Au-2, отличающееся пятнисто-неод-

нородным строением, с признаками рекристаллизации (см. рис. 7). В целом изменения в структуре обеих разновидностей золотин свидетельствуют о более интенсивных пострудных эндогенных процессах на этом участке.

Гипергенные преобразования проявлены в виде редких межзерновых высокопробных прожилков и разной мощности (0,01–0,07 мм) коррозионных кайм: фрагментарных зародышевых и сплошных

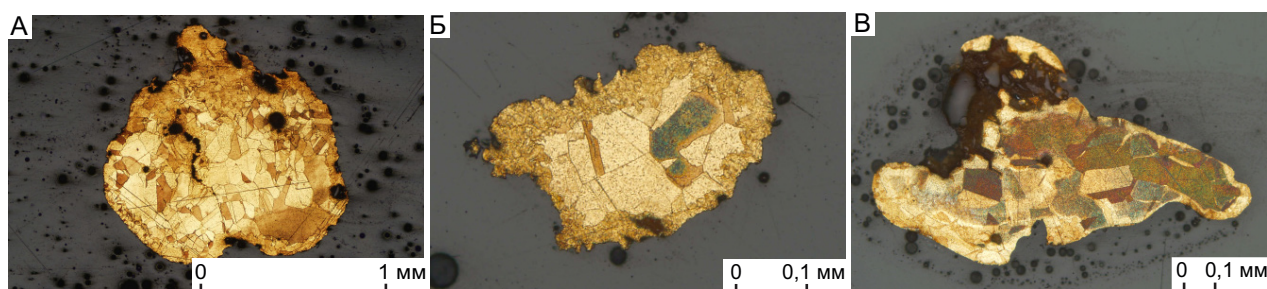


Рис. 7. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 12:

А – глубоко рекристаллизованное остаточное золото с межзерновыми высокопробными прожилками и перекристаллизованной коррозионной оболочкой неравномерной мощности; Б – сростание золота зернистой структуры с проявлениями тонкой фазовой неоднородности и начальной рекристаллизации с золотом неяснозернистой пятнисто-неоднородной; гипергенные преобразования в виде редких тонких межзерновых высокопробных прожилков и сплошной коррозионной оболочки тонкозернистого строения, с проявлением выщелачивания; В – золото рекристаллизованное пятнисто-неоднородной структуры, с развитием межзерновых высокопробных прожилков и фрагментарно – коррозионного слоя. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

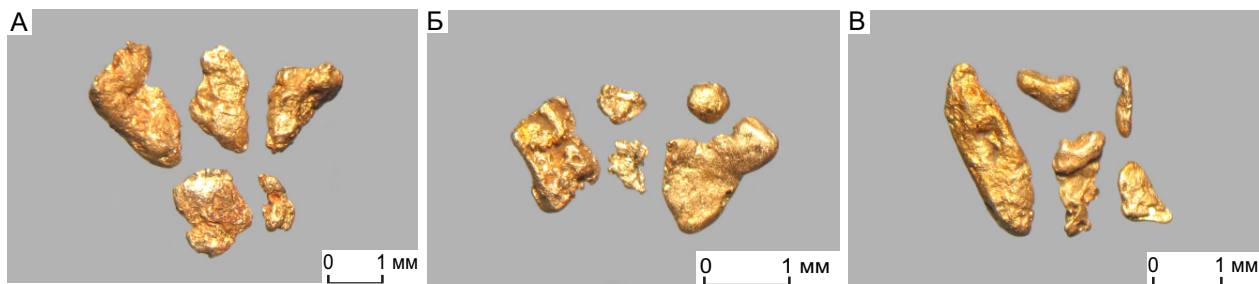


Рис. 8. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 10:

А – средне- и полуокатанные гемиидиоморфные и трещинно-прожилковые частицы и неясновыраженный сросток кристаллов; Б – хорошо окатанные изометричный кристалл и сросток пластинчатых кристаллов (справа), неравномерно окатанный пластинчатый кристалл и гемиидиоморфные золотины с ямчатой поверхностью (слева); В – средне- и хорошо окатанные удлинённые и пластинчатый кристаллы и полуокатанная гемиидиоморфная частица

с раздувами, часто тонкозернистого рекристаллизованного строения, что указывает на длительность нахождения золота в состоянии покоя после его миграции (см. рис. 7).

По мере удаления от верховья россыпи (БЛ 10) размер золотин незначительно уменьшается (0,3–2,7 мм по длинной оси при среднем весе 3,3 мг) и увеличивается роль частиц класса крупности -1+0,5 мм. Исследованы 24 знака золота общей массой 80,7 мг (см. табл. 1).

По форме преобладают кристаллы (изометричные, пластинчатые до палочковидных), их неясно

выраженные сростки и гемиидиоморфные разновидности (рис. 8, см. таблицу). Золото преимущественно средней окатанности при близких количествах хорошо и полуокатанного. Поверхность частиц относительно ровная и ямчатая, с умеренно корродированными участками, в том числе и в отпечатках от минералов. Наблюдаются удлинённые кристаллические сростки и округлые кристаллы с первично оглаженной ровной поверхностью с фрагментарно проявленной микробугорчатостью, со слабовыраженными признаками изменения в экзогенных условиях.

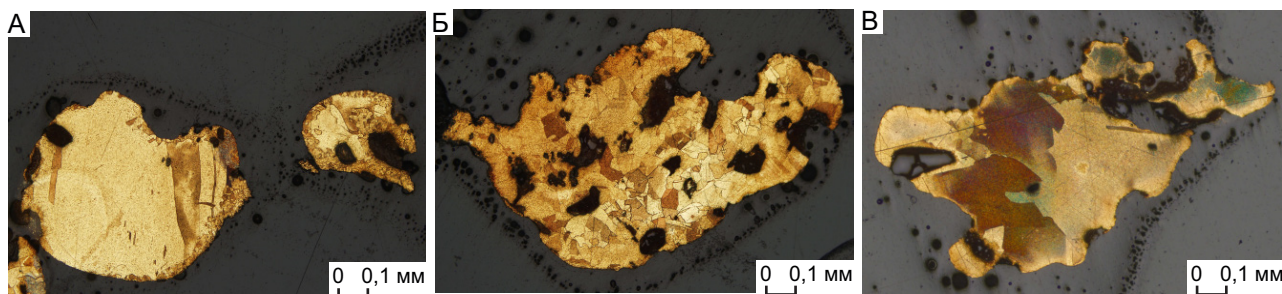


Рис. 9. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 10:

А – эндогенные деформации двойников в остаточном золоте с тонкой фазовой неоднородностью и прерывистая перекристаллизованная коррозионная оболочка; Б – неравномерно проявленная рекристаллизация остаточного золота и коррозионная оболочка значительной мощности со следами перекристаллизации; В – срастание золота с тонкой фазовой неоднородностью и золота пятнисто-неоднородного строения, с признаками начальной перекристаллизации и диффузионных преобразований. Единичные тонкие межзерновые высокопробные прожилки и тонкая, локальная коррозионная оболочка. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

Разброс пробности золотин и коррозионной оболочки немного шире, чем у золотин описанных выше (872–946 и 968–999‰ соответственно). Уменьшается количество примеси (мас.%) Hg (0,25–1,84), а Cu (0,23) и Te (0,13) отмечены в единичных замерах.

По внутреннему строению и химическому составу сохраняется присутствие двух разновидностей золота (рис. 9). Как и в верховье преобладает Au-1 пробности 898–946‰ монокристаллической и разноморфной структур, с тонкой фазовой неоднородностью, в различной степени проявленными следами постэндогенных преобразований (деформацией двойниковых швов, рекристаллизацией частиц). Отличительная особенность – наличие не только самостоятельных форм Au-2, но и присутствие его сростаний с Au-1. Для этого золота типичны пробность 877–916‰ и пятнисто-неоднородная структура, с признаками деформаций и начальной рекристаллизации, по периферии развитой диффузионной зоной, обеднённой Ag.

Преобразования золота в гипергенных условиях различны. Слабые – выражены в структуре частиц наличием межзерновых высокопробных прожилков и тонкой зародышевой или сплошной коррозионной каймы. Для более интенсивных преобразований характерна высокопробная кайма мощностью до 0,1–0,2 мм, с признаками перекристаллизации и выщелоченным пористым краем (см. рис. 9).

При удалении от верховья россыпи для золота из БЛ 8 свойственно уменьшение среднего веса ча-

стиц (1,8 мг) и их размера (0,4–1,7 мм по длинной оси). Исследованы 27 знаков золота общей массой 50,6 мг (см. таблицу). На фоне правильных (кристаллы изометричные, удлинённые, их сростки, с расщеплённым ростом) и гемиидиоморфных разновидностей выделяются утратившие первичную форму – лепёшковидные, каплевидные золотины, а также первично оглаженные разности (рис. 10, см. таблицу). При заметной роли среднеокатанного золота отмечаются как хорошо, так и полуокатанные частицы, для которых типична и относительно ровная микробугорчатая поверхность, и корродированная ямчато-ячеистая, в углублениях которой сохраняются редкие агрегаты гидрослюдов, мелкие включения окисленных сульфидов, примазки гидроксидов железа.

Сохраняются вариации пробности золотин (889–951‰) и коррозионной оболочки (975–999‰), а среди элементов-примесей, помимо постоянной Hg, в единичных замерах отмечены Cu, Te и Bi.

При травлении золота проявляется его зернистое двойниковое внутреннее строение, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками деформаций или частичной рекристаллизации – Au-1 (рис. 11). В структуре единичного знака выявлена фрагментарная зона пятнисто-неоднородного строения.

Гипергенные преобразования проявлены в виде межзерновых высокопробных обособлений и коррозионной каймы тонкозернистого строения, мощностью до 0,02 мм с раздувами (до 0,07 мм), прерывистой, истёртой на выступах (см. рис. 11).

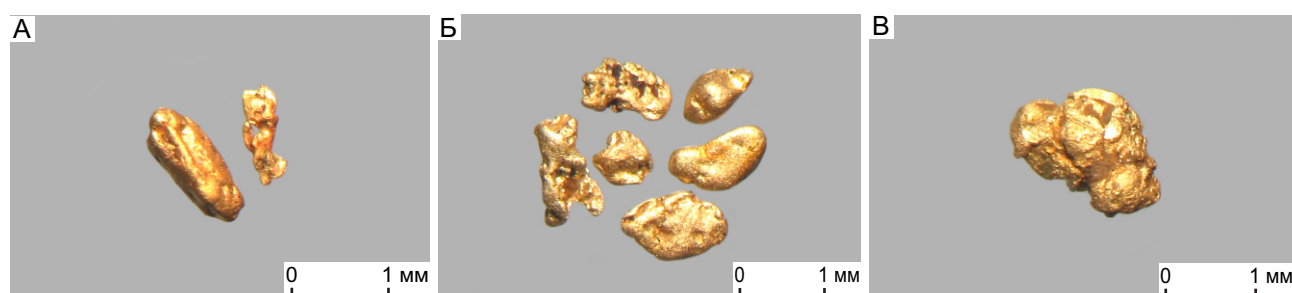


Рис. 10. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 8:

А – средней окатанности удлинённый кристалл и полуокатанная гемиидиоморфная частица комковидно-удлинённого облика; Б – хорошо окатанные кристаллы с ровной поверхностью и полуокатанные гемиидиоморфные золотины с включениями окисленных сульфидов на ямчатой поверхности; В – полуокатанный неясновыраженный сросток изометричных кристаллов



Рис. 11. Внутреннее строение золотинок россыпи Тарлауская по буровому профилю 8:

А – деформированная двойниковая структура золота с тонкой фазовой неоднородностью и прерывистой коррозионной оболочкой тонкозернистого строения; Б – полигонально-зернистая структура перекристаллизации золота с тонкой фазовой неоднородностью, межзерновыми высокопробными прожилками и зародышевой коррозийной оболочкой; В – фрагментарная рекристаллизованная коррозионная оболочка на остаточном золоте зернистой структуры с признаками начальной эндогенной перекристаллизации (тонкая фазовая неоднородность, обрывающиеся двойники). Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

На южном фланге в нижней части россыпи Тарлауская (БЛ 0) крупность и количество частиц золота заметно уменьшаются, преобладающим становится класс крупности $-0,5+0,25$ мм при среднем весе золотины 1,5 мг и размере 0,3–2,0 мм (по длинной оси). Исследованы 11 знаков золота общей массой 17 мг (см. таблицу).

По форме преобладают уплощённые кристаллы, тонкопластинчатые, гемиидиоморфные (часто с элементами дендритного или расщеплённого роста) полу- и средней окатанности и лепёшко-видные золотины (рис. 12, см. таблицу). Характер

поверхности золота отличается преимущественно выровненным, оглаженным рельефом, с уплотнённым коррозионным слоем, приобретённым в результате перемещения в условиях россыпей. У уплощённых разностей края частиц нередко имеют фестончатый с заливами контур. В то же время отмечаются слабоокатанные золотины с изъеденной, интенсивно выщелоченной поверхностью.

Золото данной части россыпи по пробности и содержанию элементов-примесей в целом не отличается от описанного выше.

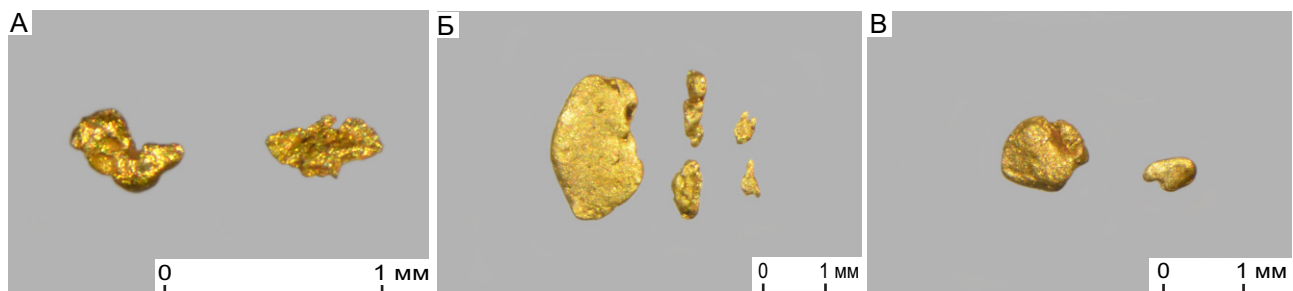


Рис. 12. Морфология и окатанность золотинок (класс крупности $+1$ и $-1+0,5$ мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 0:

А – полуокатанная гемиидиоморфная (слева) и слабоокатанная трещинно-прожилковая (справа); Б – хорошо окатанные лепёшко-видные и полуокатанные гемиидиоморфные; В – средней окатанности уплощённые кристаллы с элементами расщеплённого роста с рыхлой (слева) и уплотнённой (справа) коррозией

По внутреннему строению и химическому составу выделяется преобладающее Au-1 моно-, разнотоннозернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками рекристаллизации и деформации и Au-2 пятнисто-неоднородной структуры. Последнее присутствует в виде нарастающих по периферии Au-1 или самостоятельных выделений как реликтов в глубоко корродированных золотилах (рис. 13).

На данном участке признаки преобразования золота в гипергенных условиях выражены в развитии высокопробной коррозионной каймы – как остаточной тонкой за счёт истирания при миграции у пластинчатых и лепёшковидных разностей, так и мощной (вплоть до 100% замещения первичного золота) у менее окатанных тонких частиц (см. рис. 13).

В целом в россыпи Тарлауская золото среднее по размерам, крупность и средний вес золотинок закономерно уменьшаются вниз по россыпи. В этом же направлении увеличиваются уплощённость и окатанность (до хорошей) и появляются утратившие первичную форму лепёшковидные частицы.

Встречаются частицы с признаками постепенного неравномерного высвобождения от сростков при перемещении по долине, с одной стороны, хорошо окатанные, корродированные и, с другой, слабоокатанные, с зародышевой коррозией. В то же время в низовьях россыпи (БЛ 0) появляется золото слабой окатанности, но также со следами преобразования в гипергенных условиях.

По внутреннему строению выделяются две разновидности золота: Au-1, наиболее распространённое в верхней части россыпи, и Au-2, часто встречающееся в низовьях.

По правому борту р. Тарлау, как бы на продолжении россыпи Тарлауская, расположена россыпь *Муринская*, из которой изучено золото по БЛ 82.

На исследование поступил 51 знак золота общей массой 78 мг, средний вес которых составил 1,5 мг (см. таблицу). Размер частиц варьирует 0,15–3,0 мм (по длинной оси) с преобладанием класса крупности $-0,5+0,25$ мм.

В этой части россыпи золотины различаются как степенью окатанности (от слабой до хорошей), так и формой выделений. При заметной роли гемиморфных и пластинчатых разностей широко распространены уплощённые удлинённые кристаллы, в том числе с расщеплённым ростом, их сростки с первично округлёнными гранями (рис. 14, см. таблицу).

У более окатанных разностей наблюдается выровненный рельеф, уплотнённая матовая поверхность, у слабоокатанных – мелкоямчатый, в углублениях отмечаются редкие включения ожелезнённого кварца или кварц-гидрослюдистых агрегатов. Встречаются золотины с интенсивно выщелоченной, рыхлой поверхностью, с сохранившимися примазками гидроксидов железа.

Пробность остаточного золота составляет 832–940‰, коррозионной оболочки – 970–999‰. В составе золота часто отмечается примесь (мас.%) Hg (0,17–1,34), иногда – Cu (0,14–0,97) и Te (0,1–0,13).

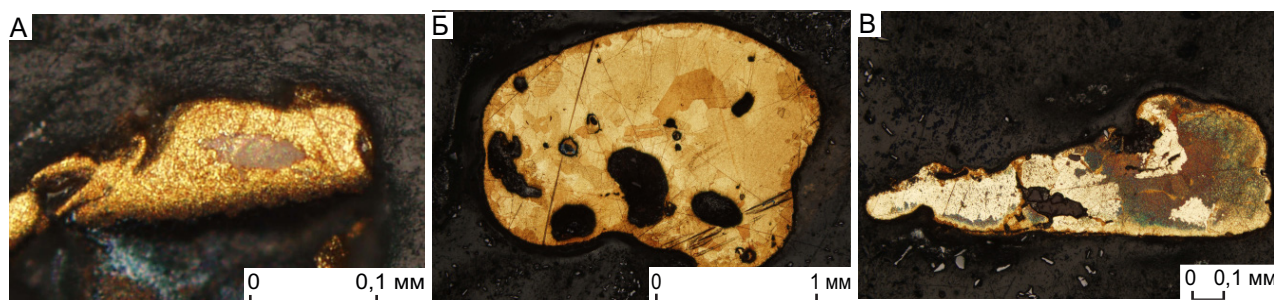


Рис. 13. Внутреннее строение золотинок россыпи Тарлауская по буровому профилю 0:

А – реликт пятнисто-неоднородной структуры и сплошная коррозионная оболочка тонкозернистого строения; Б – зернистая структура, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками рекристаллизации и тонкой коррозионной оболочкой; В – обрастание золота с тонкой фазовой неоднородностью золотом пятнисто-неоднородного строения. Гипергенные преобразования в виде межзерновых высокопробных прожилков и прерывистой тонкой коррозионной оболочки. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

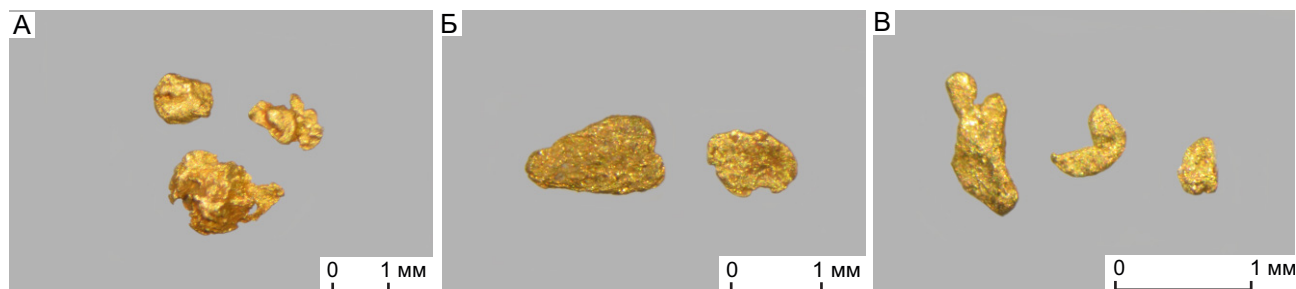


Рис. 14. Морфология и окатанность золотинок (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Муринская по буровому профилю 82:

А – средней окатанности кристалл, полуокатанная геммидиоморфная и слабоокатанная комковидно-интерстициальная (внизу) частицы; Б – тонкопластинчатые золотины от средней до хорошей окатанности, с интенсивно выщелоченной (слева) и уплотнённой (справа) поверхностями; В – средней окатанности сростки искажённых кристаллов и лепёшковидная частица

По внутреннему строению и химическому составу выделяются две разновидности золота: редко Au-1 и преобладает Au-2.

Золото-1 – пробности 908–940‰ с неяснозернистой деформированной структурой с проявлениями тонкой фазовой неоднородности. Золото-2, более низкой пробности, встречается как в виде самостоятельных разностей, так и каймы по границам зёрен в Au-1. Структура его неяснозернистая, иногда двойниковая, пятнисто-неоднородная и неяснозональная с признаками деформаций и рекристаллизации (рис. 15).

Золото в разной степени подверглось преобразованиям в гипергенных условиях: от слабых, что выражено в виде редко встречающихся тонких межзерновых высокопробных прожилков и маломощной прерывистой изъеденной коррозионной каймы, до более интенсивных благодаря длительному пребыванию в состоянии покоя после транспортировки водными потоками – сплошной с раздувами до 0,07–0,12 мм коррозионной оболочки тонкозернистого строения (см. рис. 15).

При сравнении внутреннего строения золота обеих россыпей Тарлауской площади отмечается присутствие двух его разновидностей, в структурах которых также видны признаки, характеризующие вовлечение остаточного золота в миграцию в условиях россыпей и последующего пребывания его в покое.

- Au-1 пробности 896–940‰, с примесями Hg, Cu, Te, Bi, монокристаллического или разномзернистого внутреннего строения с тонкой фазовой

неоднородностью, признаками рекристаллизации и деформаций. Данное золото преобладает в россыпи Тарлауская;

- Au-2 пробности 832–916‰, часто только с примесью Hg, отличается пятнисто-неоднородным внутренним строением с признаками деформаций, реже рекристаллизации, нередко с диффузионной зоной, обеднённой Ag. Оно образует как самостоятельные выделения (низовья россыпи Тарлауская и россыпь Муринская), так и отлагается по периферии зёрен Au-1 (низовья россыпи Тарлауская).

Пробность остаточного золота обеих разновидностей имеет перекрывающиеся значения и варьирует в пределах 832–953‰ (в единичных замерах достигая 972‰), коррозионной оболочки составляет 970–999‰. Постоянной микропримесью в золоте является Hg, периодически отмечаются Cu, Te, Bi. Установлено наличие тонких включений кварца, пирита, галенита, кобальтина, герсдорфита.

В структуре золотинок наблюдаются редкие тонкие межзерновые высокопробные прожилки и разной мощности коррозионные каймы, нередко зернистого строения, часто с образованием мелких полисинтетических двойников.

Особенностью золота в интервале БЛ 0 (россыпь Тарлауская) и БЛ 82 (Муринская россыпь) является сочетание золота разной окатанности и гипергенного преобразования: лепёшковидного с истёртой коррозионной оболочкой и слабоокатанными с мощными коррозионными каймами и выщелоченной поверхностью.

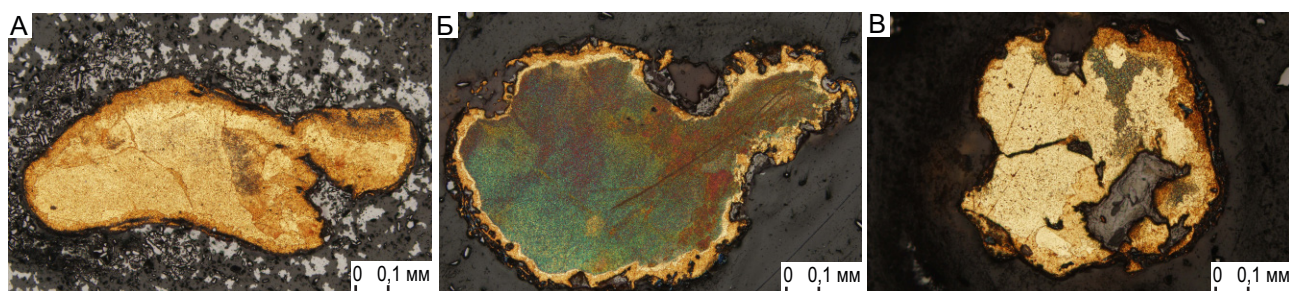


Рис. 15. Внутреннее строение золотин россыпи Муринская по буровому профилю 82:

А – сплошная коррозионная оболочка неравномерной мощности и межзерновые высокопробные прожилки в окатанном золоте неяснозернистой структуры с тонкой фазовой неоднородностью и признаками деформаций; Б – сплошная коррозионная оболочка со следами интенсивного выщелачивания на золоте неяснозернистой пятнисто-неоднородной структуры; В – отложение золота тонко-пятнисто-неоднородной структуры по границам зёрен золота с тонкой фазовой неоднородностью. Коррозионная оболочка прерывистая. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

Выявленные особенности золота россыпей Тарлауской площади приведены в таблице.

Обсуждение результатов и основные выводы.

1. Морфология золотин россыпей Тарлауская и Муринская схожа, наблюдается уменьшение их размера и увеличение окатанности от верховьев россыпи Тарлауская к Муринской россыпи. В целом на изученном отрезке преобладают полу- и среднеокатанные частицы. Для всех проб характерно наличие единичных золотин, имеющих первично оглаженные формы, которые являются результатом метасоматического роста или их образования в мягких породах (известняках), что придаёт им псевдоокатанный облик. Эти данные в сочетании со строением продольного профиля обеих россыпей позволяют объединить их в одну и отнести весь участок к началу зоны рассеяния единой россыпи.

2. Одновременное присутствие в пробах как из различных интервалов скважины, так и по простиранию россыпи, золотин разной крупности и морфологии, в том числе с первичной оглаженностью форм и отдельных выступов, различающихся при этом степенью окатанности, характером изменения поверхности (интенсивностью выщелачивания, уплотнённостью), мощностью и строением высокопробных коррозионных кайм, может быть обусловлено длительным пребыванием золота в состоянии покоя как после проседания на более низкий гипсометрический уровень в остаточной коре выветривания и карстовых

отложениях, так и пребывания в «ловушках» после перемещения в россыпь. Строение и мощность коррозионных кайм подтверждают плиоценовый возраст россыпи. Отсутствие коррозионных преобразований в углублениях поверхности связано с более поздним выкрашиванием вмещающих минералов при миграции частиц.

3. Комплекс типоморфных признаков золота – наличие средних и мелких по размерам выделений, широкое развитие правильных и гемиидиоморфных форм, преобладание частиц пробности 840–950‰, присутствие в них в качестве элементов-примесей Cu , Te , Bi , особенности структуры и состав микровключений – позволяет предполагать в качестве коренного источника проявление золото-сульфидно-кварцевого рудно-формационного типа.

4. Внутреннее строение золота (характер сростаний Au-1 с Au-2) и его геохимические признаки (перекрывающиеся вариации пробности и общий состав элементов-примесей в обоих типах золота) могут свидетельствовать об отложении золота Тарлауской площади в единую стадию рудного процесса.

5. Ртуть, повышенные содержания которой отмечены как в Au-1, так и в Au-2, вероятно, является региональной примесью, свойственной золоту Уральской золотоносной провинции.

6. На участке в низовье россыпи Тарлауская-россыпь Муринская, приуроченном к понижению в рельефе, присутствие мелкого и тонкого (классов

крупности -0,25 мм) золота слабой окатанности, по структуре и пробности соответствующей Au-2, а также наличие в отдельных случаях микровключений кварца, пирита, галенита, кобальтина, герсдорфита дают основание предполагать на данном участке поступление этого золота при размывании рудной минерализованной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков П. В. Россыпи золота в погребённом карсте Миндякской межгорной депрессии (Южный Урал) // Вестник Пермского Университета. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 267–275
2. Махиня Е. И. Особенности геологического строения золотоносной россыпи Тарлау (Южный Урал) // Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых учёных «Молодые – Научкам о Земле». – М. : МГРИ, 2022. – Т. 2. – С. 71

REFERENCES

1. Kazakov P. V. Rossypi zolota v pogrebonnom karste Mindyaskoy mezhgornoy depressii (Yuzhnyy Ural) [Gold placers in the buried karst of the Mindyak intermountain depression (Southern Urals)], Vestnik Permskogo Universiteta, 2019, V. 18, No. 3, pp. 267–275. (In Russ.)
2. Makhinya Ye. I. Osobennosti geologicheskogo stroyeniya zolotonosnoy rossypi Tarlau (Yuzhnyy Ural) [Peculiarities of the geological structure of the Tarlau gold-bearing placer (Southern Urals)], Tezisy dokladov X Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchonykh "Molodyye – Naukam o Zemle", Moscow, MGRI publ., 2022, V. 2, pp. 71. (In Russ.)
3. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. et al. Tipomorfizm samorodnogo zolota. Metodicheskiye rekomendatsii dlya geologorazvedochnykh rabot [Typomorphism of native gold], Moscow, TSNIIGRI publ., 2003, 70 p. (In Russ.)
4. Salikhov D. N., Kovalov S. G., Belikova G. I. et al. Poleznye iskopayemyye Respubliki Bashkortostan (zoloto), Chast' 1 [Minerals of the Republic of Bashkortostan (gold), Part 1], Ufa, Ekologiya publ., 2003, 222 p. (In Russ.)

3. Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н. и др. Типоморфизм самородного золота. Методические рекомендации для геологоразведочных работ. – М. : ЦНИГРИ, 2003. – 70 с.
4. Салихов Д. Н., Ковалёв С. Г., Беликова Г. И. и др. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (золото), Часть 1. – Уфа : Экология, 2003. – 222 с
5. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России: атлас / Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н. и др. – М.: Акварель, 2015. – 200 с.
6. Сначёв А. В. Геологическое строение, морфология и состав золота россыпи Террасовая-II (Южный Урал) // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 20–30.
7. Созинов В. Ф., Пожарицкий А. П., Сафронова Л. А. и др. Доразведка эксплуатируемых россыпей золота Куру-Елгинской, Афонинской и примыкающих к ним ранее разрабатываемых россыпей (территория бывшего прииска «Березовая Роща») за 1987–1992 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.2000 г. ТКЗ № 16/1031. – Уфа, 2001. – 360 с.
5. Samorodnoye zoloto rudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy Rossii: atlas [Native gold of ore and placer deposits in Russia: atlas]. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. et al. Moscow, Akvarel' publ., 2015, 200 p. (In Russ.)
6. Snachov A. V. Geologicheskoye stroyeniye, morfologiya i sostav zolota rossypi Terrasovaya-II (Yuzhnyy Ural) [Geological structure, morphology and composition of gold in the Terrasovaya-II placer (Southern Urals)], Neftgazovoye delo, 2021, V. 19, No. 5, pp. 20–30. (In Russ.)
7. Sozinov V. F., Pozharitskiy A. P., Safronova L. A. et al. Dorazvedka ekspluatiruyemykh rossypey zolota Kuru-Yelginskoy, Afoninskoy i primykayushchikh k nim raneye razrabatyvayemykh rossypey (territoriya byvshego priiska "Berezovaya Roshcha") za 1987–1992 gg. s podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.07.2000 g. TKZ No. 16/1031 [Additional exploration of exploited placers of gold at Kuru-Elginskaya, Afoninskaya and adjacent previously developed placers (the territory of the former mine "Birch Grove") for 1987–1992 . with reserves calculation as of 07/01/2000, TKZ No. 16/1031], Ufa, 2001, 360 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 02.05.23; одобрена после рецензирования 16.05.23; принята к публикации 18.05.23.
The article was submitted 02.05.23; approved after reviewing 16.05.23; accepted for publication 18.05.23.

Никеленосность Кун-Маньёнской минерагенической зоны юго-восточного обрамления Сибирской платформы

В статье обобщены результаты работ по никеленосности Кун-Маньёнской минерагенической зоны юго-восточного обрамления Сибирской платформы. Проанализированы материалы современных среднemasштабных гравиметрических и геохимических съёмок. Дана краткая характеристика Cu-Ni с элементами платиновой группы (PGE) руд месторождения Кун-Маньё одноимённого рудного узла и потенциально перспективного на Cu-Ni с PGE оруденение Туксани-Кукурского района. Выделены основные типы руд и их минеральный состав. Рассмотрены перспективы.

Ключевые слова: Кун-Маньёнская минерагеническая зона, мафит-ультрамафиты, Пристановой коллизионный пояс, сульфиды, медно-никелевые руды.

ГУРЬЯНОВ ВАЛЕНТИН АЛЕКСЕЕВИЧ, ведущий научный сотрудник, guryanov_v@mail.ru

КИРИЛЛОВ ВАДИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ, старший научный сотрудник, kirillow.vadim2013@yandex.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина (ИТиГ) ДВО РАН, г. Хабаровск

The nickel-bearing potential of the Kun-Manie minerogenic zone in the southeastern framing of the Siberian Platform

V. A. GURYANOV, V. Ye. KIRILLOV

The Yu. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

The article summarizes results of researches of the nickel-bearing potential of the Kun-Manie minerogenic zone in the southeastern frame of the Siberian platform. The data of recent medium-scale gravimetric and geochemical surveys were analyzed. A brief characteristics are presented of PGE-containing Cu-Ni ores of the Kun-Manie deposit in the ore cluster of the same name, as well as of the Tuksani-Kukur ore region promising for the PGE-containing Cu-Ni mineralization. The main types of the ores and their mineral composition were determined. The perspectives of the minerogenic zone are considered.

Key words: Kun-Manie minerogenic zone, mafic-ultramafic rocks, Stanovoi collision belt, sulfides, copper-nickel ores.

Введение. Сульфидные медно-никелевые месторождения в земной коре имеют сравнительно небольшое распространение, что определяется исключительными условиями их образования. Они формируются преимущественно на тектонически активизированных платформах и только в связи с гипабиссальными интрузиями основных и ультраосновных пород [2, 3, 13, 22, 23]. С этих позиций несомненный интерес представляют протяжённые маломощные тела никеленосных мафит-ультрамафитов с сульфидной минерализацией Кун-Маньёнской минерагенической зоны, расположенной на восточном фланге Пристанового коллизионного орогена юго-восточного обрамления Сибирской

платформы (рис. 1). В результате систематизации, обобщения и анализа фондовых и опубликованных материалов, а также новых данных, полученных при проведении структурно-геологических, металлогенических и геофизических исследований в пределах восточной части Пристанового орогена, обосновано выделение потенциально перспективных на Cu-Ni с PGE оруденение Кун-Маньёнского рудного узла и Туксани-Кукурского прогнозируемого рудного района [7, 9, 10]. В связи с открытием Cu-Ni с платиноидами месторождения Кун-Маньё эта территория рассматривается как Кун-Маньёнская минерагеническая зона (Ni, Cu, Co, Pt), которая, по материалам современных

среднемасштабных геохимических и гравиметрических съёмок, находит своё выражение как в геохимических, так и в гравитационных полях [6, 9]. Изучение силлов и даек никеленосных мафит-ультрамафитов Кун-Маньёнской минерагенической

зоны представляют практический интерес как с металлогенической точки зрения, поскольку являются рудоносными объектами с сульфидным оруденением, так и с тектонической как палеопротерозойское звено в цепи эволюции магматизма

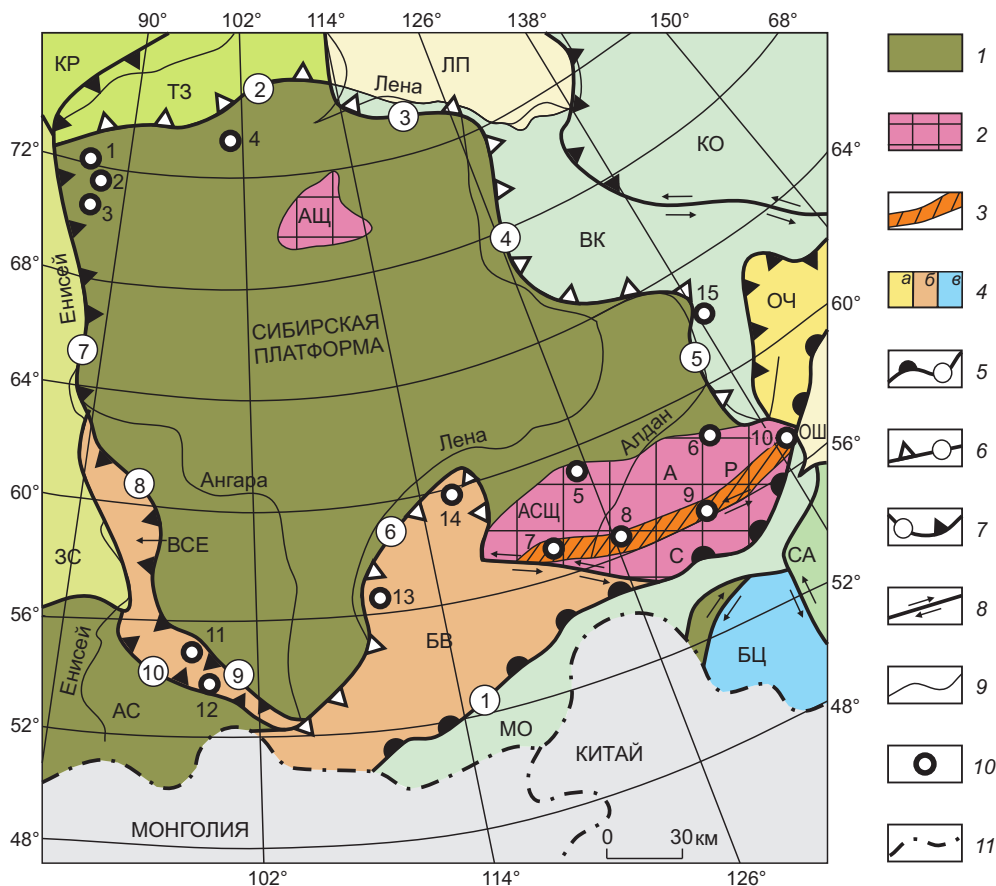


Рис. 1. Геотектоническая позиция PGE-Cu-Ni и PGE месторождений Сибирской платформы и структур её обрамления. По [8, 20], с изменениями:

трансрегиональные таксоны: 1 – Сибирская платформа, 2 – щиты древней платформы: АЩ – Анабарский, АСЦ – Алдано-Становой (А – Алданская гранулитогнейсовая мегазона, С – Становая гранит-зеленокаменная мегазона), 3 – Пристановая складчато-надвиговая (протоколлизионная) зона (Р); 4 – прочие таксоны (цветом показан возраст): провинции: ЗС – Западно-Сибирская платформенная эпипалеозойская (а), ЛП – Лаптевская пассивно-окраинная, ОШ – Охотская шельфовая задуговая, КР – Карская древняя платформа, области покровно-складчатые: ТЗ – Таймыро-Североземельская, ВСЕ – Восточно-Енисейская, АС – Алтае-Саянская, БВ – Байкало-Витимская (б), МО – Монголо-Охотская, ВК – Верхояно-Колымская, КО – Колымо-Омолонская, БЦ – Буреино-Цзямусинская (с), СА – Сихотэ-Алинская, ОЧ – Охотско-Чукотская активно-окраинная область; 5–8 – граничные разломы (номера в кружке): 5 – Монголо-Охотский субдукционный шов (1), 6 – краевые швы: Южно-Таймырский (2), Лено-Анабарский (3), Западно-Верхоянский (4), Нелькано-Кыллахский (5), Прибайкало-Патомский (6), 7 – надвиговые швы: Приенисейский (7), Восточно-Енисейский (8), Присаянский (9), Восточно-Саянский (10), 8 – сдвиговые швы; 9 – геологические границы; 10 – месторождения Ni-Cu-PGE и PGE* (1 – Талнахское, 2 – Октябрьское, 3 – Норильск-1, 4 – Гулинское*, 5 – Инагли*, 6 – Кондёр*, 7 – Чинейское, 8 – Бурпалинское, 9 – Кун-Маньё, 10 – Няндомы, 11 – Кингашское, 12 – Калнинское, 13 – Байкальское (Йоко-Довыренское), 14 – Сухой Лог, 15 – Нежданнинское); 11 – государственные границы

юго-восточного обрамления Сибирской платформы. Одной из важных в практическом и теоретическом отношениях является проблема оценки потенциальной никеленосности. Открытие крупного по запасам Cu-Ni с PGE руд месторождения Кун-Маньё [7, 21] на восточном фланге коллизионного пояса свидетельствует об актуальности и важности данной проблемы и проводимых исследований.

Результаты исследования, их обсуждение. В тектоническом развитии восточного фланга Пристанового орогена юго-восточного обрамления Сибирской платформы особое место занимают силлы и дайки палеопротерозойских мафит-ультрамафитов Кун-Маньёнской минерагенической зоны. Свидетельством особого режима формирования орогена является его субширотное простираие, дискордантное по отношению к структурам Алданского и Джугджуро-Станового мегаблоков (см. рис. 1) [2, 4, 5, 18]. В позднем протерозое (1,9–1,8 млрд лет) [5] сжимающие тектонические усилия субширотного направления на уровне промежуточного слоя земной коры вызвали раскол Сибирского кратона по зоне Станового разлома и формирование Пристанового подвижного пояса с земной корой гранулит-гнейсового типа [10, 18, 19]. Эта шовная структура представляет собой гигантскую зону тектонического меланжа, состоящую из тектонических блоков, сложенных архейскими высокобарическими гранулитами и разными по составу магматическими породами, анортозитами и эклогитами [1, 5, 10]. В конце протерозоя здесь широко проявились процессы шарьяжно-надвиговых дислокаций, наиболее поздние из которых сопровождались внедрением мафит-ультрамафитовых силлов и даек, контролирующих размещение сульфидного Cu-Ni с PGE оруденения [11].

Особенности петрографической структуры мафит-ультрамафитов силлов Кун-Маньёнской минерагенической зоны указывает на то, что их становление проходило в тектонически неспокойных условиях [7, 8, 10]. Петрологические и геохимические данные совместно с другими сведениями позволяют отнести их к высокомагнезиальным мафит-ультрамафитам пикрит-толеитовой серии, родоначальными магмами которых были пикробазальтовые магмы [8, 14, 15, 17]. По материалам гравиметрических съёмок масштаба 1:200 000 Верхнезейской и Туксанийской площадей Амурской области, республики Саха (Якутия) и Хабаровского края выделена контрастная положительная аномалия шириной около 40 км, протя-

гивающаяся в юго-восточном направлении более чем на 200 км [6, 10]. Эта аномальная зона является северо-западным продолжением Кун-Маньёнского медно-никелевого рудного узла и при картосоставительских работах была выделена в ранге одноимённой минерагенической зоны [6, 9, 16]. Кун-Маньёнская зона контролируется Туксанийским и Майским глубинными разломами. На современном уровне изученности на территории этой зоны выделены потенциально перспективные на Cu-Ni с PGE оруденение Кун-Маньёнский рудный узел и Туксани-Кукурский прогнозируемый рудный район.

Кун-Маньёнский Cu-Ni рудный узел охватывает западную часть одноимённого массива метагабброидов и прилегающие площади распространения архейских метаморфитов джанинской серии Джугджурского выступа кристаллического фундамента (рис. 2), U-Pb возраст (по цирконам, SHRIMP-11) которых варьируется от 3,13 до 2,8 млрд лет [11]. В его пределах выделены не менее 10 рудных полей, сгруппированных в рудный узел [8, 10]. Из них наиболее продуктивным на промышленное сульфидное Cu-Ni с PGE оруденение является Кун-Маньёское рудное поле, в центральной части которого расположено одно из крупнейших в России по запасам Ni месторождение Кун-Маньё, разведанное АО «Кун-Маньё» [8, 21]. В плане это рудное поле представляет собой линейно вытянутый на 31 км (шириной 1–3 км) в северо-западном направлении ареал силлообразных и линзовидных интрузий, реже даек мафит-ультрамафитов с сульфидной Cu-Ni минерализацией (см. рис. 2). В строении этого ареала установлены около 160 различных по протяжённости и мощности интрузивов, часто расположенных в несколько ярусов по вертикали. В структурном отношении этот ареал тяготеет к зоне Майского глубинного разлома, разграничивающего Джанинский и Туксанийский блоки кристаллического фундамента. Рассматриваемые тела сложены вебстеритами, плагиоибстеритами, габброноритами и лерцолитами габбронорит-ибстерит-лерцолитовой формационной принадлежности возрастом 1,76–1,69 млрд лет (U-Pb, циркон) [11]. Следует отметить, что для плагиоибстеритов силла Икэн (см. рис. 2) получены также Sm-Nd изохронные возрасты в 1812 ± 66 и 1850 ± 90 млн лет, которые характеризуются $T_{Nd} (DM) = 2,18$ млрд лет ($E_{Nd} (T) = +2,8$ и $\pm 3,5$) (ЦИИ ВСЕГЕИ) [8, 11]. В разрезе это полого падающие

(от 5 до 40°) на северо-восток тела мощностью от 0,1 до 120 м при протяжённости от 250 м до 5 км, реже прожилки и протяжённые (до 6 км) дайки мощностью до 120 м. В эндоконтактовых частях силлы представлены хлорит-талек-амфи-

боловыми, амфибол-талек-серпентиновыми или серпентин-амфиболовыми сланцами с сульфидной минерализацией. Приконтактовые их ограничения – зоны бластомилонитизации мощностью от 1 до 18 м – сложены хлорит-плагиклаз-



Рис. 2. Схематическая геологическая карта междуречья Кун-Маньё и Мая-Удская (В. А. Гурьянов и др., 2007 г.). По геологическим данным, предоставленным ЗАО «Кун-Маньё»:

1 – четвертичные отложения; 2 – меловые эффузивы; 3 – верхнеюрские туфогенно-осадочные образования; 4 – толща палеопротерозойских зелёных сланцев (фрагмент Верхнемайского трогового прогиба); 5 – архейские гнейсы и кристаллосланцы (гранулиты); 6 – меловые гранитоиды; 7–11 – неопалеопротерозойские образования: 7 – гранитоиды, 8 – диафориты и динамометаморфиты зон разломов (на юге – зона Майского глубинного разлома), 9 – лейконориты, 10 – приразломные бластокатаклазиты, 11 – тела мафит-ультрамафитов кунманьёнского комплекса с сульфидной Ni-Cu минерализацией; 12 – неоархейские граниты; 13 – плагиграниты; 14 – архейские гранитогнейсы; 15 – габброиды архейского возраста: а – габбро, б – метагаббро, в – анортозиты; 16 – разрывные нарушения (а) и зоны рассланцевания (б); 17 – надвиги; 18 – сбросы; 19 – взбросы; 20 – геологические границы; 21 – контуры ареалов тел мафит-ультрамафитов: I – Кун-Маньёнский (окоптурено рудное поле, тёмно-серым цветом показаны рудные тела и их названия), II – Ян-Хэгдэ и III – Моктокон; 22 – на врезке – район исследований

актинолитовыми и клинопироксен-амфибол-плагиоклазовыми сланцами и микрогнейсами [8]. Пространственная ориентировка сланцеватости в таких зонах и положение заключённых в них силлов и линз мафит-ультрамафитов, как правило, совпадают. Присутствие пластических деформаций в эндоконтактах силлов и во вмещающих метагабброидах и метаморфитах джанинской серии свидетельствует об их становлении в условиях активного тектогенеза. Эти данные позволяют интерпретировать мафит-ультрамафиты как высокотемпературные тектониты, независимо от их глубинной предыстории. По-видимому, ориентированные текстуры возникли в мафит-ультрамафитах, а ещё ранее во вмещающих их метагабброидах и метаморфитах в результате высокотемпературного пластического течения. Особенности внутреннего строения и контактов силлов, часто безкорневых пластообразных тел, являются результатом деформации при внедрении их во вмещающие метагабброиды, толщи гнейсов и кристаллосланцев [8]. Как правило, эти тела трассируют протяжённые с пологими в северо-восточных румбах углами падения тектонические швы отслоения зоны влияния Майского дизъюнктива, одного из сателлитов Станового глубинного разлома [7, 8, 10].

Сульфидное Cu-Ni с PGE оруденение связано с 14 телами осевой части Кун-Маньёнского ареала мафит-ультрамафитов, оконтуренного по результатам поисково-оценочных работ как одноимённое рудное поле (см. рис. 2). Основные запасы Ni и попутных компонентов месторождения Кун-Маньё сосредоточены в рудных залежах, ассоциирующихся с силлами мафит-ультрамафитов: Малый Курумкан, Горное, Треугольник, Шляпа, Фалкон, Икэн, Кубук [8, 21]. Минеральный состав сульфидных руд залежей характеризуется парагенезисом пирротина, пентландита и халькопирита, составляющих в сумме около 80–90% от общего количества рудных минералов (рис. 3). Пиррит и магнетит значительно меньше распространены. Рассчитанные средние содержания основных компонентов в рудных телах месторождения оцениваются: а) оксидов (в мас.%): SiO_2 – 45,11, Al_2O_3 – 8,74, Fe_2O_3 – 13,53, MgO – 18,34, CaO – 5,76; б) цветных металлов (в мас.%): Ni – 0,59–0,84 (при бортовом содержании 0,2), Cu – 0,16–0,22, Co – 0,01–0,02; в) благородных металлов (в г/т): Pt – 0,13–0,23, Pd – 0,14–0,27, Au – 0,06–0,09, Ag – 0,74–1,47 [8, 9, 21]. Сульфидные руды в силлах оконтуриваются в виде пластообразных залежей, как пра-

вило, повторяя контуры материнских тел, протяжённость которых варьируется от первых сотен метров до 2,7 км при мощности от 1 до 30, реже до 109 м.

На месторождении по текстурным признакам выделяются четыре типа руд (рис. 4) [10]. *Массивные руды* – тела жильного типа в плоскостях отслоения нижних или верхних частей рудных залежей, реже прожилки во вмещающих породах. Содержания (в мас.%): Ni – 0,72–18,48, Cu – 0,30–1,75, Co – 0,021–0,64, Pt и Pd – 0,50–12,78 г/т и Au – 0,10–7,3 г/т. *Брекчиевые руды* локализованы в зонах тектонических дислокаций. В генетическом отношении они представляют собой оруденелую тектоническую брекчию, в которой роль обломков играют изменённые мафиты, а роль цемента – сульфиды. К сульфидам тяготеют скопления сульфоарсенидов с миллеритом и меренскитом. Концентрации (в мас.%): Ni – 0,89–5,48, Cu – 0,24–2,33, Co – 0,033–0,053, а Ag – 56,5, Pt и Pd – 0,1–2,94 г/т. *Прожилково-вкрапленные и густовкрапленные руды* имеют облик брекчиевидной метасоматической породы. Руды обогащены сульфоарсенидами Ni, арсенидами Pt, теллуридами Pd и Bi, содержат самородные Au и Ag. Содержание (в мас.%): Ni – 0,67–2,56, Cu – 0,12–0,41, а Pt и Pd – 0,05–2,06 г/т. *Тонковкрапленные руды* имеют мелкозернистое строение. Из рудных минералов в них преобладает пирротин; менее распространены халькопирит, пентландит и виоларит; встречаются единичные зёрна магнетита, титаномагнетита. Для них характерны содержания (в мас.%): Ni – 0,32–1,76, Cu – 0,11–0,25, а Pt и Pd – до 0,21 г/т.

В рудах месторождения установлен широкий спектр минералов [7, 8, 10]: пирротин, пентландит, халькопирит, пирит, магнетит, ильменит, виоларит, кубанит, миллерит, никелин, борнит, халькозин, бравоит, марказит, герсдорфит, сфалерит, глаукодот, хизлевудит, палладиевый мелонит, меренскит, ирарсит, сперрилит, галенит, гессит, штюцит, самородные серебро и золото, теллуриды серебра, майченерит ((Pd, Pt)BiTe), мончеит (Pt (Te, Bi)₂), котульскит (PdTe), эрлихманит (OsS₂)-лаурит (RuS₂), холингуртит ((Rh, Pt, Pd)AsS). Из порообразующих минералов в составе руд присутствуют амфиболы (тремолит и актинолит от 10 до 40%), хлорит (от 5 до 35%), серпентин (от 1 до 50%), тальк (до 30%); в меньшей мере – роговая обманка (керсутит), флогопит, реликты ромбического и моноклинного пироксенов, оливина; в небольших

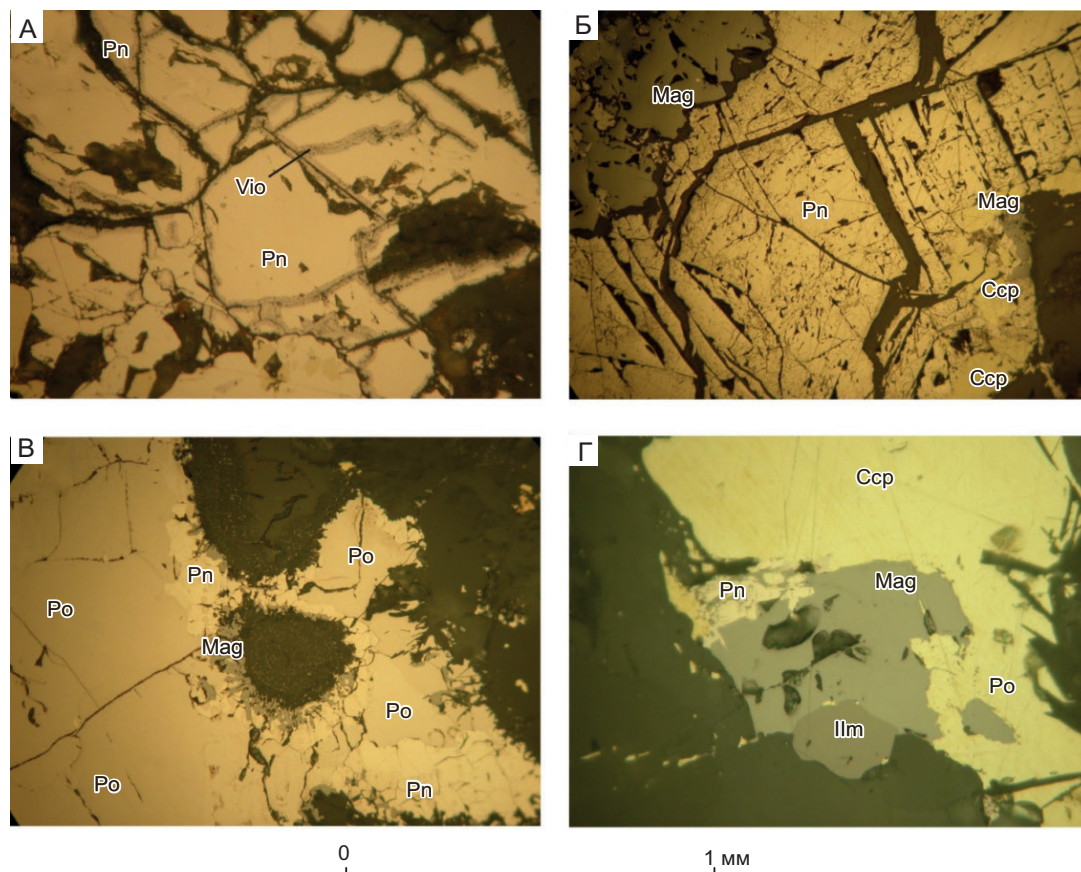


Рис. 3. Характерные взаимоотношения минералов в рудах месторождения Кун-Маньё:

А – пентландит-1 (Pn) замещается по трещинам и границам зёрен виоларитом (Vio); Б – порфировые зёрна пентландита-1 (Pn) замещаются по границам магнетитом-2 (Mag), халькопиритом (Ccp) и пирротинном-2 (Po); В – сростания магнетита-2 (Mag) с пентландитом-3 (Pn) и пирротинном-2 (Po); Г – сростания ильменита (Ilm), магнетита-2 (Mag) с пирротинном-2 (Po) и халькопиритом-2 (Ccp)

количествах – полевые шпаты, кварц, шпинель; редко – титаномагнетит, ильменит, апатит и рутил. В зонах окисления установлены гидроокислы железа, ковеллин, халькозин, борнит и редкие прожилки кварц-сульфидного состава часто с карбонатом и хлоритом, мощностью до 5 мм, характерные для участков с пирит-марказитовой минерализацией.

Балансовые запасы месторождения Кун-Маньё по категориям В + С₁ составляют 172,12 млн т руды, Ni – 1,22 млн т, Cu – 342 тыс. т, Co – 25 тыс. т, Pt – 24,8 т, Pd – 26,8 т [10, 23]. Средние содержания компонентов в рудных залежах варьируются (в мас.%): Ni – 0,59–0,84, Cu – 0,16–0,22, Co – 0,01–0,02, S – 1,17–1,67, а Pt – 0,13–0,23, Pd – 0,14–0,27, Au – 0,07 и Ag – 0,73 г/т. Доля богатых руд (Ni > 2 мас.%) составляет не менее 5%.

Туксани-Кукурский район исследований (см. рисунки 5, 6). По материалам среднемасштабных гравиметрических съёмок, здесь выделена контрастная положительная аномалия шириной около 40 км, протягивающаяся в северо-западном направлении более чем на 200 км (зона) (см. рис. 5) и являющаяся северо-западным продолжением Кун-Маньёнского медно-никелевого рудного узла [6, 9]. Эта аномальная зона контролируется Туксанийским глубинным разломом, который делит её на две части. На северном борту разлома встречаются протяжённые дайко- и силлообразные тела мафит-ультрамафитов с тонкой вкрапленностью сульфидов, слабофиксируемые редкой сетью гравиметрических наблюдений. К югу от разлома выявлены локальные гравиметрические аномалии, обусловленные изометричными в плане телами

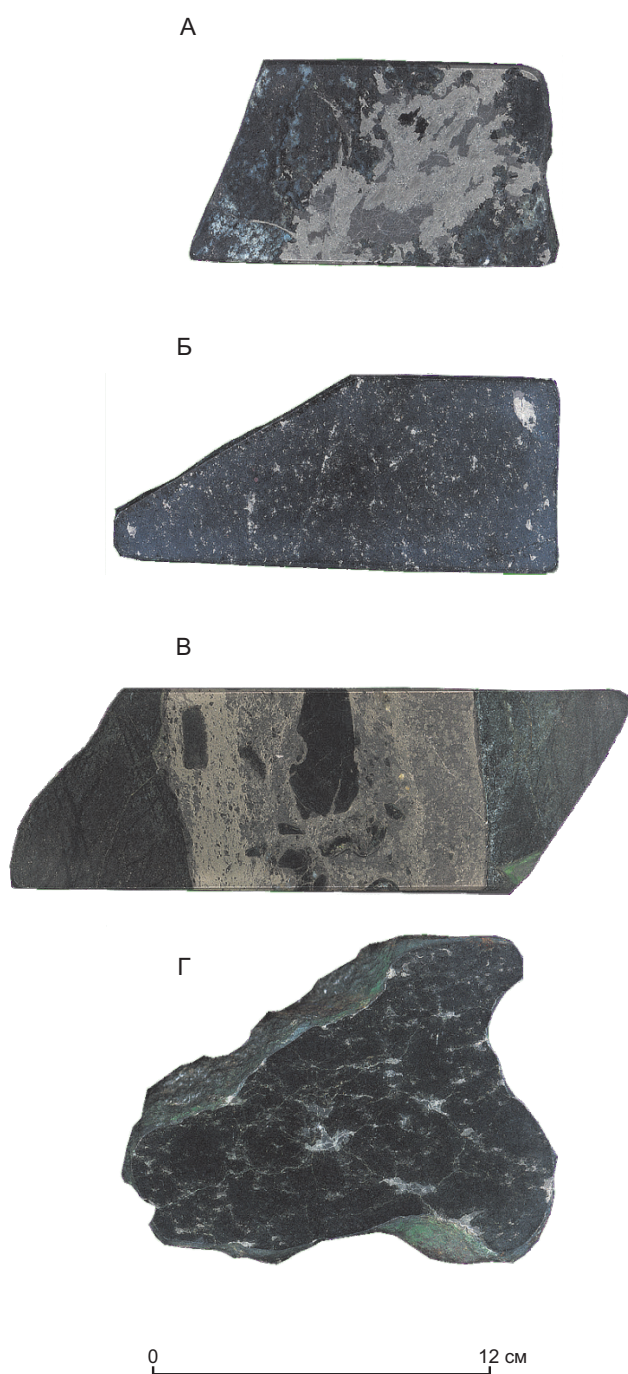


Рис. 4. Типы Cu-Ni руд месторождения Кун-Маньё:

А – пирротин-пентландитовые руды в плагиовестеритах залежи Икэн (проба 793, содержания Ni – 0,78 мас.%); Б – вкрапленные руды залежи Треугольник (проба 633, содержания Ni – 1,57 мас.%); В – брекчиевидные пирротин-пентландитовые руды с обломками вебстеритов, рудное тело Икэн (проба 780, содержания Ni – 1,04 мас.%); Г – прожилково-вкрапленные руды залежи Треугольник (проба 651, содержания Ni – 1,43 мас.%)

никеленосных (Ni до 0,76 мас.%) мафит-ультрамафитов с сульфидной вкрапленностью [6, 9]. Наиболее контрастная аномалия установлена в бассейне р. Авгенкур (лист N-52-IV), где в ультрамафитах одноимённого массива В. Д. Габышевым в 1981 г. выявлены и прослежены на глубину значительные интервалы вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд (ЭПГ до 0,61 г/т и Ni до 0,68 мас.%) [2]. Установлено, что гравиметрические аномалии на местности соответствуют штокам, дайко- и силлообразным телам вебстеритов, плагиовестеритов, гарцбургитов и кортландитов, часто с тонко рассеянной вкрапленностью (1–5%) сульфидов (пирротин, пентландит, халькопирит). По петрофизическим, минералого-петрографическим особенностям и химизму эти породы обнаруживают сходство с мафит-ультрамафитами месторождения Кун-Маньё. Для никеленосных кортландитов Туксани-Кукурского района по циркону получен U-Pb возраст (SHRIMP, ЦИИ ВСЕГЕИ) в 1,843 млрд лет (ГДП-200/2 листов N-52-V, -VI, отв. исп. Е. В. Мальчушкин, 2022 г., редактор В. А. Гурьянов).

При интерпретации геофизических аномалий весьма чётко выделяются участки, насыщенные плитообразными телами, а также штоками пироксенитов и перидотитов, трассируемых потоками рассеяния Ni, Co, Cu и Pt [2, 6]. В гравитационном поле по заливам изоаномал обособляются участки, насыщенные силлами ультрамафитов. Наиболее крупные тела мафит-ультрамафитов фиксируются локальными положительными аномалиями силы тяжести (см. рис. 5). При выделении площадей использовались данные гравиметрии и магниторазведки, результаты заверочных геолого-поисковых маршрутов и геохимические критерии (см. рис. 6) – потоки рассеяния Ni, Co, Cu, Pt и Pd, выявленные предыдущими исследованиями (В. В. Домчак и др., 1996) [16]. На юго-восточном фланге Туксани-Кукурского района в междуречье Елан и Караялах правых притоков р. Мая при заверке потоков рассеяния Ni, Cu, Co, Pt и Pd В. А. Гурьяновым (2006, 2007 гг.) и Ю. П. Потоцким (2010 г.) установлено широкое распространение сульфидной Cu-Ni с PGE минерализации. Пространственно потоки рассеяния приурочены к телам ультрамафитов мощностью от 50 до 150 м, сгруппированные в вытянутый (до 40 км) в северо-западном направлении ареал шириной 3–5 км на юго-западном борту зоны Майского глубинного разлома. Сульфидная медно-

никелевая минерализация встречается в виде вкрапленности рудных минералов в пикритовых, такситовых и мелкозернистых роговообманковых вебстеритах и плагиовебстеритах и прожилково-вкрапленной минерализации в породах нижних горизонтов силлов, а также в виде брекчиевых руд в изменённых ультрамафитах нижних эндоконтактовых частей силлообразных интрузий. Главные рудные минералы: пирротин, пентландит, халькопирит, пирит, борнит, магнетит, кубанит (?), бравоит, хизлевудит и милерит. В приконтакто-

вых минерализованных частях силлов содержания рудных элементов достигают (в мас.%): Ni – 1,11, Cu – 0,33, Co – 0,11, Cr – 0,5, а Pt – 0,6–1,45 г/т, Pd – 0,4 г/т, Au – 0,05 г/т (метод ICP-MS, ХИАЦ ИТИГ ДВО РАН, г. Хабаровск).

В пределах Туксани-Кукурского района (зоны) выделены пять перспективных площадей на сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение: Аюмканская, Авгенкурская, Купуринская, Утанахская и Борогонская (см. рисунки 5, 6) [6, 9]. Изученность их слабая.

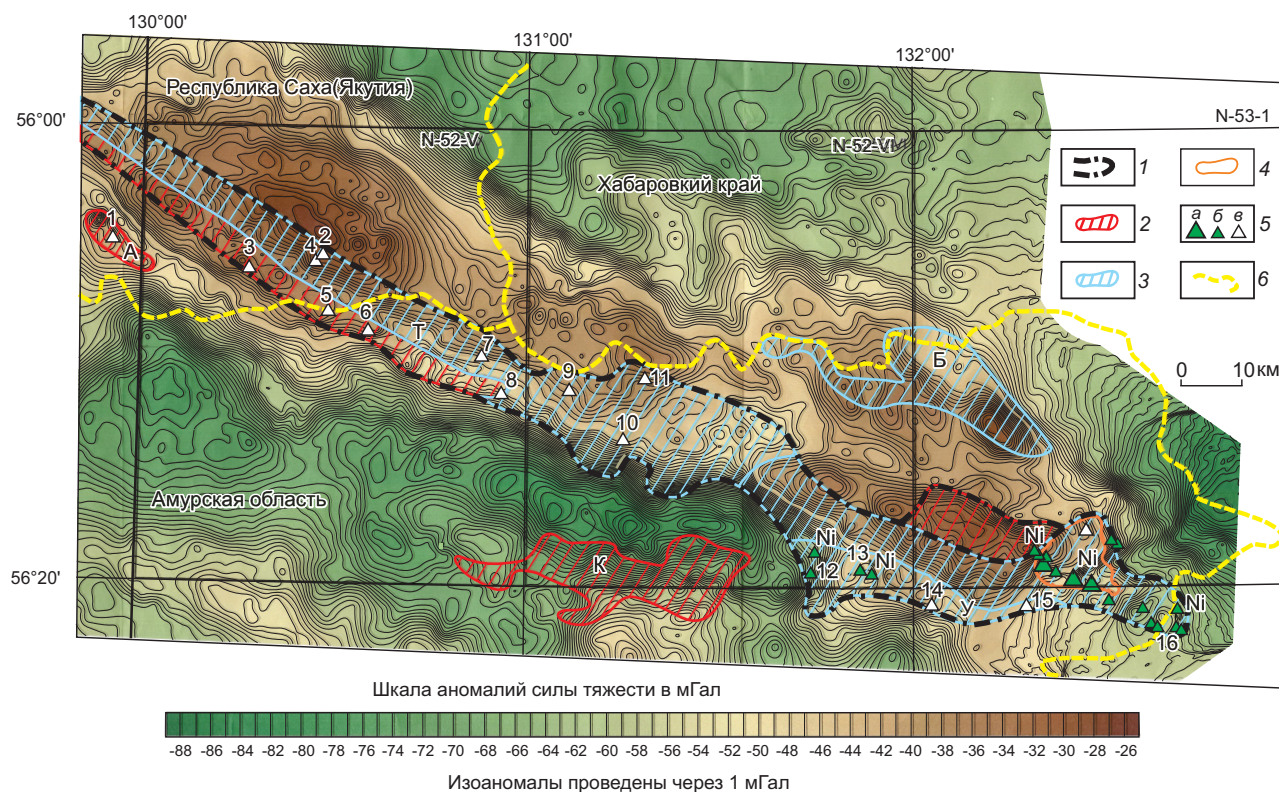


Рис. 5. Гравиметрическая карта в редукции Буге ($\sigma = 2,67$ г/см, уровень условный) Кун-Маньёнской минерагенической зоны. По данным А. В. Матвеева, 2016 г. [6, 9]:

1 – контур платиноидно-медно-никелевой минерагенической зоны; 2–3 – области распространения интрузий мафит-ультрамафитов: 2 – крупных тел, фиксируемых в поле силы тяжести локальными аномалиями, 3 – силлов и даек, фиксируемых в поле силы тяжести заливообразными аномалиями; 4 – литохимические аномалии Ni, выявленные на эталонных объектах при проведении ГС-200; 5 – месторождения и проявления: а – месторождение Кун-Маньё, б – проявления Ni и Cu Кун-Маньёнского рудного поля, в – проявления Ni и Cu в мафит-ультрамафитах Кун-Маньёнской минерагенической зоны (по данным: 1 – Габышев В. Д., 1981, 2002 гг.; 2 – Казмин Ю. Б. и др., 1960 г.; 3–7, 9–10 – Матвеев А. В., 2014, 2015 гг.; 8 – Васюкович С. С., 1991 г.; 12–13 – Потоцкий Ю. П., 2010 г.; 11, 13–16 – Гурьянов В. А., 2005–2008, 2009 гг.; б – административные границы; перспективные площади, рекомендуемые для постановки поисковых работ на сульфидное медно-никелевое с платиной оруденение: Т – Аюмканская, У – Утанахская, К – Купуринская, А – Авгенкурская, Б – Борогонская

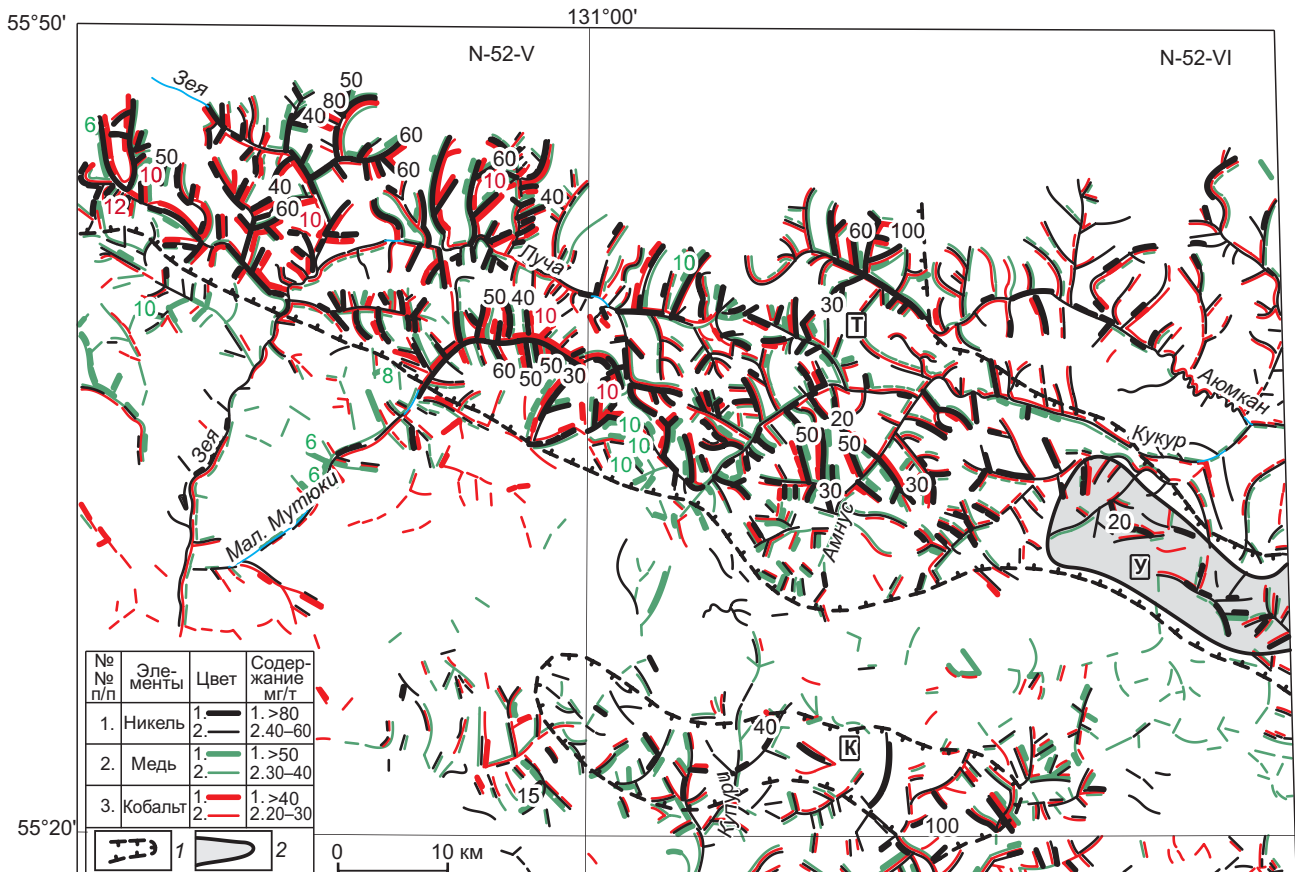


Рис. 6. Фрагмент карты геохимических потоков рассеяния Ni, Co и Cu центральной части Кун-Маньёнской минерагенической зоны. По данным В. В. Домчака, 1996 г., с изменениями по [8, 9]:

перспективные площади: 1 – Аюмканская (Т), Купуринская (К), 2 – Утанахская (У)

В целом Кун-Маньёнской минерагенической зоне свойственны интенсивные поясовые гравитационные и магнитные аномалии [1, 6, 10]. В гравитационном её поле (аномалии в редукции Буге) выделяются субширотный осевой максимум и расположенные вдоль него линейные минимумы (см. рис. 5). Осевой линейный максимум на всём протяжении соответствует поясу выходов на дневную поверхность пород гранулитовой фации, насыщенных роями линейно вытянутых в субширотном направлении силлов и даек мафит-ультрамафитов палеопротерозойского возраста. Полосовое положение глубинных гранулитов с многоярусными мафит-ультрамафитовыми телами, подтверждённое геологическими методами [1, 6, 7], сохраняется с глубиной и даже становится более чётко выраженным. Эталонным объектом для прогнозной оценки Туксани-Кукурского района

был выбран расположенный с востока Кун-Маньёнский рудный узел с разведанным месторождением Кун-Маньё (см. рис. 2). Согласно произведённым расчётам для пяти перспективных площадей суммарные прогнозные ресурсы категории P_3 этого рудного района площадью 2700 км² составили: Ni – 3088 тыс. т, Cu – 1235 тыс. т, Pt и Pd – 309 т (А. В. Матвеев, «Пояснительная записка к паспорту Туксанийского рудного района...», ОАО «Дальгеофизика», 2015 г.) [6].

Геолого-структурная позиция силлов и даек мафит-ультрамафитов Кун-Маньёнской минерагенической зоны (см. рис. 2) носит цепочечный характер и ассоциируется с Верхнемайской и Туксанийской зонами шовных дислокаций [6, 9, 10]. По своему положению и строению эта зона является фрагментом зеленокаменной троговой структуры рифтогенного типа с вулканогенно-сланцевым

наполнением и изоградой эпидот-амфиболитовой фазии метаморфизма [6, 10]. Силлы и дайки мафит-ультрамафитов кун-маньёнского комплекса и генетически связанные с ними проявления сульфидной Cu-Ni с PGE минерализации контролируются зонами Майского и Туксанийского глубинных разломов и оперяющими их дизъюнктивами [6, 8, 9]. Такие троговые структуры в пределах Пристанового орогена обычно рассматриваются как эродированные корни гранит-зеленокаменного пояса или как структуры, сформированные в зоне субдукции, коллизии и мобильно проницаемой зоне [1, 3, 18, 19]. По всей вероятности, заложение зеленокаменной троговой структуры в зоне шовных дислокаций глубинных разломов и накопление в ней осадочно-вулканогенных толщ, то есть образование рифтогенной структуры кун-маньёнского типа [8], можно рассматривать в качестве элемента (фрагмента) пассивной континентальной окраины океанской структуры, некогда разделявшей Становой и Алданский геоблоки [4, 7, 10].

Заключение. Анализ имеющейся информации по юго-восточному обрамлению Сибирской платформы свидетельствует, несомненно, о высокой степени перспективности Кун-Маньёнской минерагенической зоны на Ni, Cu, Co и PGE, которая объединяет потенциально перспективные одноимённый рудный узел и Туксани-Кукурский рудный район, связанные с мафит-ультрамафитовыми комплексами пород (см. рисунки 5, 6). При интерпретации геофизических аномалий уверенно выделяются участки, насыщенные силлами, штоками и дайками мафитов и ультрамафитов, трассируемых потоками рассеяния Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Sr. По заливам изоаномал в гравитационном поле обособляются ареалы и отдельные тела мафит-ультрамафитов. Наиболее крупные интрузии фиксируются локальными положительными аномалиями силы тяжести. С учётом региональных и локальных факторов никеленосности Туксани-Кукурского района выделяются площади, перспек-

тивные на сульфидное PGE-Cu-Ni оруденение: Аюмканская, Авгенкурская, Купуринская, Утанахская, Борогонская (см. рисунки 5, 6) [6, 9]. В пределах Аюмканской площади первоочередной интерес на выявление крупного сульфидного медно-никелевого объекта представляет Елан-Караелахская зона. При этом минерально-сырьевой потенциал только Кун-Маньёнского месторождения, без учёта прилегающих территорий, составляет более одного миллиона тонн никеля, что может послужить базой для строительства крупного горнодобывающего или горно-металлургического предприятия.

В рудах наблюдается довольно устойчивый парагенезис рудных минералов: пирротин, пентландит и халькопирит; реже магнетит, ильменит, кубанит; в изменённых рудах присутствуют пирит, марказит, виолларит, миллерит, борнит, халькозин и бравоит; реже арсениды, сульфоарсениды, теллуриды Pd и Pt и самородные элементы группы Ag и Au. Наиболее высоки их концентрации в брекчиевых и прожилково-вкрапленных рудах.

Ареалы и рои интрузий мафит-ультрамафитов и генетически связанные с ними проявления сульфидной Cu-Ni с PGE минерализации Кун-Маньёнской минерагенической зоны контролируются, как правило, зонами влияния Майского и Туксанийского (Туксани-Майского) глубинных разломов восточной части Пристанового орогена. По своему положению и строению ареалы силлов и даек никеленосных мафит-ультрамафитов могут рассматриваться как эродированные корни зеленокаменной троговой структуры рифтогенного типа с фрагментами вулканогенно-сланцевого наполнения, сохранившегося в Верхнемайской зоне шовных дислокаций, которую можно рассматривать в качестве элемента пассивной континентальной окраины океанской структуры, некогда разделявшей Джугджуро-Становой и Алданский геоблоки.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБУН ИТиГ ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алакишин А. М., Карсаков Л. П. Глубинное строение Станового структурного шва // Тихоокеанская геология. – 1985. – № 3. – С. 76–85.
2. Габышев В. Д. Перспективы платинометалльного оруденения в расслоенных массивах и комплексах юга Якутии в связи с новыми геолого-экономическими условиями // Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса Республики Саха (Якутия) в современных условиях : материалы республиканской научно-производственной геологической конференции. – Якутск : Госкомгеологии РС (Я), 2002. – С. 80–86.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – С. 573–981.

4. Глебовицкий В. А., Котов А. Б., Сальникова Е. Б., Ларин А. М., Великославинский С. Д. Гранулитовые комплексы Джугджуро-Становой области и Пристанового пояса: возраст, условия и геодинамические обстановки проявления метаморфизма // Геотектоника. – 2009. – № 4. – С. 3–15.
5. Глебовицкий В. А., Хильтова В. Я., Козаков И. К. Тектоническое строение Сибирского кратона: интерпретация геолого-геофизических, геохронологических и изотопно-геохимических данных // Геотектоника. – 2008. – № 1. – С. 12–26.
6. Гурьянов В. А., Матвеев А. В. К вопросу о поисковой эффективности региональных гравиметрических работ на примере Кун-Маньенской минерагенической зоны (юго-восток Сибирской платформы) // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии : пятая Всероссийская научная конференция. Сборник докладов. – Благовещенск : ИГиП ДВО РАН, 2018. – Т. 1. – С. 103–106.
7. Гурьянов В. А., Петухова Л. Л., Абражевич А. В., Чубаров В. М., Тихомирова А. И. Геологическая позиция, минералы редких и благородных металлов в рудах медно-никелевого месторождения Кун-Маньё (юго-восточное обрамление Сибирской платформы) // Тихоокеанская геология. – 2022. – Т. 41, № 6. – С. 3–23.
8. Гурьянов В. А., Петухова Л. Л., Кириллов В. Е. Палеопротерозойские ультрамафитовые дайки Кун-Маньёнского ареала (юго-восток Сибирской платформы): структурное положение, состав и обстановка формирования // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42, № 2. – С. 68–87.
9. Гурьянов В. А., Петухова Л. Л., Приходько В. С., Матвеев А. В., Вельма А. М., Алексеев М. И., Кременецкий М. И. Оценка перспектив никеленосности юго-восточного обрамления Сибирской платформы // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии : четвёртая Всероссийская научная конференция : сборник докладов. – Благовещенск : ИГиП ДВО РАН, 2016. – Т. 1. – С. 48–51.
10. Гурьянов В. А., Приходько В. С., Песков А. Ю., Петухова Л. Л., Пересторонин А. Н., Косынкин А. В. Платиноносность никеленосных мафит-ультрамафитов Пристанового коллизионного пояса (юго-восток Сибирской платформы) // Отечественная геология. – 2014. – № 6. – С. 48–56.
11. Гурьянов В. А., Роганов Г. В., Зелепугин В. Н., Розинов М. И., Салтыкова Т. Е. Изотопно-геохронологические исследования цирконов раннедокембрийских пород юго-восточной части Алдано-Станового щита: новые результаты, их геологическая интерпретация // Тихоокеанская геология. – 2012. – Т. 31, № 2. – С. 3–21.
12. Жижин В. И. К проблеме поисков никелевого оруднения на Алданском щите // Региональная геология Якутии : сборник научных статей. – Якутск : Изд-во Якутского госуниверситета, 1995. – С. 127–131.
13. Лихачёв А. П. Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения. – М. : Эслан, 2006. – 496 с.
14. Мишкин М. А., Ленников А. М., Вовна Г. М., Бадрединов З. Г., Октябрьский Р. А. Геохимия и исходная природа метабазит-эндербитовой ассоциации Джугджурского блока (Алданский щит) // Геохимия. – 2007. – № 6. – С. 608–623.
15. Приходько В. С., Петухова Л. Л., Гурьянов В. А., Чубаров В. М. Петрология малых тел никеленосных мафит-ультрамафитов юго-востока Алдано-Станового щита // Тихоокеанская геология. – 2020. – Т. 39, № 2. – С. 46–65.
16. Роганов Г. В., Кременецкая Н. А., Яковлева Е. А. Карта полезных ископаемых и минерагенического районирования Приамурья, Западного Приохотья, о. Сахалин и прилегающих к ним участков дна Охотского и Японского морей масштаба 1:1 000 000 с пояснительной запиской / Ред. Г. В. Роганов. – Хабаровск : ФГУП «Дальгеофизика», 2009. – 88 с.
17. Степанов В. А. Платиноидно-медно-никелевые провинции Северо-Азиатского кратона // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 56. – С. 78–87.
18. Стогний Г. А., Стогний В. В. Платиноносность Алдано-Станового щита // Геология рудных месторождений. – 1998. – Т. 40, № 6. – С. 529–535.
19. Стогний Г. А., Стогний В. В. Подвижные пояса Алдано-Станового щита – индикаторы реологического состояния земной коры // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1999. – № 5. – С. 129–135.
20. Тектонический кодекс России / Глав. ред. А. Ф. Морозов, ответ. ред. Н. В. Межеловский. – М.–СПб. : Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральное агентство по недропользованию (РОСНЕДРА); Межрегиональный центр по геологической картографии (ГЕОКАРТ), 2016. – 240 с.
21. Ernst R. E. Large Igneous Provinces. – Cambridge : Cambridge University Press, 2014. – 653 p.
22. Naldrett A. J. Magmatic Sulfide Deposits : geology, geochemistry, and exploration. – Berlin : Springer, 2004. – 727 p.
23. Amur Minerals Corporation [Электронный ресурс]. – URL: <https://amurminerals.com/kun-manie-nickel-copper-sulphide-geo-results/> (дата обращения: 12.01.2022).

REFERENCES

1. *Alakshin A. M., Karsakov L. P.* Glubinnoye stroyeniye Stanovogo strukturnogo shva [Deep structure of the Stanovoy structural seam]. *Tikhookeanskaya geologiya*, 1985, No. 3, pp. 76–85. (In Russ.)
2. *Gabyshchey V. D.* Perspektivy platinometall'nogo orudneniya v rassloyennykh massivakh i kompleksakh yuga Yakutii v svyazi s novymi geologo-ekonomicheskimi usloviyami [Prospects for platinum-metal mineralization in layered massifs and complexes in the south of Yakutia in connection with new geological and economic conditions]. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya mineral'no-syr'yevogo kompleksa Respubliki Sakha (Yakutiya) v sovremennykh usloviyakh: materialy respublikanskoj nauchno-proizvodstvennoy geologicheskoy konferentsii*, Yakutsk, Goskomgeologii RS (YA) publ., 2002, pp. 80–86. (In Russ.)
3. *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii*. V 2 kn. Kn. 2 [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia. In 2 books. Book 2]. ed. A. I. Khanchuk, Vladivostok, Dal'nauka publ., 2006, pp. 573–981. (In Russ.)
4. *Glebovitskiy V. A., Kotov A. B., Sal'nikova Ye. B., Larin A. M., Velikoslavinskiy S. D.* Granulitovyye komplekсы Dzhugdzhuro-Stanovoy oblasti i Pristanovogo poyasa: vozrast, usloviya i geodinamicheskiye obstanovki proyavleniya metamorfizma [Granulite complexes of the Dzhugdzhur-Stanovoy region and the near Stanovoy belt: age, conditions and geodynamic settings of metamorphism]. *Geotektonika*, 2009, No. 4, pp. 3–15. (In Russ.)
5. *Glebovitskiy V. A., Khil'tova V. Ya., Kozakov I. K.* Tektonicheskoye stroyeniye Sibirskogo kratona: interpretatsiya geologo-geofizicheskikh, geokhronologicheskikh i izotopno-geokhimiicheskikh dannyykh [Tectonic structure of the Siberian craton: interpretation of geological-geophysical, geochronological and isotope-geochemical data]. *Geotektonika*, 2008, No. 1, pp. 12–26. (In Russ.)
6. *Gur'yanov V. A., Matveyev A. V.* K voprosu o poiskovoy effektivnosti regional'nykh gravimetricheskikh rabot na primere Kun-Man'yenskoy mineragenicheskoy zony (yugo-vostok Sibirskoy platformy) [On the issue of prospecting efficiency of regional gravimetric works on the example of the Kuhn-Man'en mineragenic zone (southeast of the Siberian platform)]. *Voprosy geologii i kompleksnogo osvoyeniya prirodnykh resursov Vostochnoy Azii*, 5 Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya, sbornik dokladov, Blagoveshchensk, IGI P DVO RAN publ., 2018, V. 1, pp. 103–106. (In Russ.)
7. *Gur'yanov V. A., Petukhova L. L., Abrazhevich A. V., Chubarov V. M., Tikhomirova A. I.* Geologicheskaya pozitsiya, mineraly redkikh i blagorodnykh metallov v rudakh medno-nikelevogo mestorozhdeniya Kun-Man'yo (yugo-vostochnoye obramleniye Sibirskoy platformy) [Geological position, minerals of rare and precious metals in ores of the Kun-Man'yo copper-nickel deposit (southeastern framing of the Siberian platform)]. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2022, V. 41, No. 6, pp. 3–23. (In Russ.)
8. *Gur'yanov V. A., Petukhova L. L., Kirillov V. Ye.* Paleoproterozoiyskiye ul'tramafitovyye dayki Kun-Man'yonskogo areala (yugo-vostok Sibirskoy platformy): strukturnoye polozheniye, sostav i obstanovka formirovaniya [Paleoproterozoic ultramafic dikes of the Kun-Man'yon area (southeast of the Siberian platform): structural position, composition and setting of formation]. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2023, V. 42, No. 2, pp. 68–87. (In Russ.)
9. *Gur'yanov V. A., Petukhova L. L., Prikhod'ko V. S., Matveyev A. V., Vel'ma A. M., Alekseyev M. I., Kremenetskiy M. I.* Otsenka perspektiv nikelenosnosti yugo-vostochnogo obramleniya Sibirskoy platformy [Estimation of prospects for nickel content in the southeastern framing of the Siberian Platform]. *Voprosy geologii i kompleksnogo osvoyeniya prirodnykh resursov Vostochnoy Azii*, 4 Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya, sbornik dokladov, Blagoveshchensk, IGI P DVO RAN publ., 2016, V. 1, pp. 48–51. (In Russ.)
10. *Gur'yanov V. A., Prikhod'ko V. S., Peskov A. Yu., Petukhova L. L., Perestoronin A. N., Kosynkin A. V.* Platinonosnost' nikelenosnykh mafit-ul'tramafitov Pristanovogo kollizionnogo poyasa (yugo-vostok Sibirskoy platformy) [Platinum content of nickel-bearing mafic-ultramafic rocks of the Near Collision Belt (southeast of the Siberian Platform)]. *Otechestvennaya geologiya*, 2014, No. 6, pp. 48–56. (In Russ.)
11. *Gur'yanov V. A., Roganov G. V., Zelepugin V. N., Rozinov M. I., Saltykova T. Ye.* Izotopno-geokhronologicheskkiye issledovaniya tsirkonov rannedokembriyskikh porod yugo-vostochnoy chasti Aldano-Stanovogo shchita: novyye rezul'taty, ikh geologicheskaya interpretatsiya [Isotope-geochronological studies of zircons from Early Precambrian rocks of the southeastern part of the Aldan-Stanovoi shield: new results, their geological interpretation]. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2012, V. 31, No. 2, pp. 3–21. (In Russ.)
12. *Zhizhin V. I.* K probleme poiskov nikelovogo orudneniya na Aldanskom shchite [On the problem of prospecting for nickel mineralization on the Aldan shield]. *Regional'naya Geologiya Yakutii*, sbornik nauchnykh statey, Yakutsk, Izd-vo Yakutskogo gosuniversiteta publ., 1995, pp. 127–131. (In Russ.)
13. *Likhachov A. P.* Platino-medno-nikelevyye i platino-vyye mestorozhdeniya [Platinum-copper-nickel and platinum deposits], Moscow, Eslan publ., 2006, 496 p. (In Russ.)
14. *Mishkin M. A., Lennikov A. M., Vovna G. M., Badredinov Z. G., Oktyabr'skiy R. A.* Geokhimiya i iskhodnaya priroda metabazit-enderbitovoy assotsiatsii

- Dzhugdzhurskogo bloka (Aldanskiy shchit) [Geochemistry and initial nature of the metabasite-enderbite association of the Dzhugdzhur block (Aldan Shield)]. *Geokhimiya*, 2007, No. 6, pp. 608–623. (In Russ.)
15. *Prikhodko V. S., Petukhova L. L., Guryanov V. A., Chubarov V. M.* Petrologiya malykh tel nikelenosnykh mafit-ul'tramafitov yugo-vostoka Aldano-Stanovogo shchita [Petrology of small bodies of nickel-bearing mafic-ultramafites of the southeast of the Aldan-Stanovoi shield]. *Tikhookeanskaya geologiya*, 2020, V. 39, No. 2, pp. 46–65. (In Russ.)
 16. *Roganov G. V., Kremenetskaya N. A., Yakovleva Ye. A.* Karta poleznykh iskopayemykh i mineragenicheskogo rayonirovaniya Priamur'ya, Zapadnogo Priokhot'ya, o. Sakhalin i prilegayushchikh k nim uchastkov dna Okhotskogo i Yaponskogo morey masshtaba 1:1 000 000 s poyasnitel'noy zapiskoy [Sakhalin and adjacent areas of the bottom of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan, scale 1:1,000,000 with an explanatory note]. Khabarovsk, Dal'geofizika publ., 2009, 88 p. (In Russ.)
 17. *Stepanov V. A.* Platinoidno-medno-nikelevyye provintsi Severo-Aziatskogo kratona [Platinoid-copper-nickel provinces of the North Asian craton]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2013, No. 56, pp. 78–87. (In Russ.)
 18. *Stogniy G. A., Stogniy V. V.* Platinonosnost' Aldano-Stanovogo shchita [Platinum content of the Aldan-Stanovoy Shield]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1998, V. 40, No. 6, pp. 529–535. (In Russ.)
 19. *Stogniy G. A., Stogniy V. V.* Podvizhnyye poyasa Aldano-Stanovogo shchita – indikatory reologicheskogo sostoyaniya zemnoy kory [Mobile belts of the Aldan-Stanovoi shield – indicators of the rheological state of the earth's crust]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 1999, No. 5, pp. 129–135. (In Russ.)
 20. *Tektonicheskii kodeks Rossii* [Tectonic Code of Russia]. Moscow and St. Petersburg, Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation publ.; Federal Agency for Subsoil Use (ROSNEFRA) publ.; Interregional Center for Geological Cartography (GEOKART) publ., 2016, 240 p. (In Russ.)
 21. *Ernst R. E.* Large Igneous Provinces. Cambridge, Cambridge University Press, 2014, 653 p.
 22. *Naldrett A. J.* Magmatic Sulfide Deposites: geology, geochemistry, and exploration, Berlin, Springer, 2004, 727 p.
 23. *Amur Minerals Corporation*, available at: <https://amur-minerals.com/kun-manie-nickel-copper-sulphide-teo-results/> (12.01.2022).

Статья поступила в редакцию 02.05.23; одобрена после рецензирования 23.05.23; принята к публикации 24.05.23.
The article was submitted 02.05.23; approved after reviewing 23.05.23; accepted for publication 24.05.23.

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию
по тел. +7 (495)315-28-47,
E-mail: ogeo@tsnigri.ru

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

Сульфаты в кимберлитовых породах

Приведены результаты комплексного исследования безводных (ангидрит, барит, целестин и таумасит) и водных (гипс, эпсомит, метабазалюминит и брошантит) сульфатов из кимберлитовых пород. Высказывается предположение о возможности использования типоморфных особенностей преобладающих сульфатов из кимберлитов при совершенствовании технологических процессов извлечения из продуктивной руды ценного минерала.

Ключевые слова: водные и безводные сульфаты, типоморфизм минералов.

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

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

Sulphates in kimberlite rocks

N. N. ZINCHUK

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

Results of a comprehensive study of anhydrous (anhydrite, barite, celestite, and thaumasite) and hydrous (gypsum, epsomite, metabasaluminate, and brochantite) sulfates from kimberlite rocks are presented. An assumption is put forward for a possibility to use the typomorphic features of the predominant sulfates from kimberlites to improve the technological processes of extraction of the valuable mineral from a productive ore.

Key words: hydrous and anhydrous sulfates, mineral typomorphism.

Введение. Кимберлитовые породы – сложные природные образования, характеризующиеся оригинальными минералого-петрохимическими особенностями, вызванными совмещением признаков как ультраосновных пород, так и щелочных базальтоидов [1–7, 40–44]. В результате ранее проведённых исследований [8, 9, 14, 15, 17–19, 21, 23, 27, 28] была выполнена типизация коренных месторождений алмазов по комплексу признаков, позволившая построить типовые модели таких диатрем Сибирской (СП), Восточно-Европейской (ВЕП) и Южно-Африканской (ЮАП) платформ, существенно различающихся как по геологическим условиям локализации [10, 11, 13, 25, 26], так и вещественным составом [45–47]. Так, характерной чертой кимберлитовых тел Якутской алмазносной провинции (ЯАП) СП является значительная изменчивость параметров их вещественного состава [12, 16, 20, 22, 24]. Высокий градиент изменчивости вещественных признаков в объёме

кимберлитовых тел во многом связан с полигенностью и гетерохронностью компонентов самих слагающих трубки пород, охватывающих диапазон условий образования от верхней мантии, через пневматолитово-гидротермальную стадию до гипергенеза [29–32, 36]. В целом многообразие происходящих в трубчатых диатремах процессов изменения кимберлитов с некоторой долей условности можно отнести к диафторезу [33–35, 37–39]. Обычно под диафторезом понимают регрессивное минералогическое преобразование, происходящее в процессе приспособления магматических и метаморфических пород к новым условиям более низких ступеней метаморфизма. Определяющим фактором диафтореза является масса поступающих в систему минералообразования извне H_2O и CO_2 в процессе регрессивного метаморфизма. Этим условиям соответствуют особенности постмагматического преобразования кимберлитовых пород [16, 20, 24, 26]. Сложность

и контрастность минералогического облика реальных кимберлитовых пород в значительной степени обусловлены развитием комплекса вторичных минералов. К настоящему времени в кимберлитовых породах древних платформ мира идентифицировано более 60 минералов-новообразований, входящих в различные классы существующих минералогических классификаций [12, 17, 19, 22, 23]. Установление места и роли каждого из вторичных минералов, реконструкция последовательности их образования, устойчивости в различных условиях имеют важное значение как для понимания природы и преобразования кимберлитовых пород, так и для совершенствования отдельных технологических процессов разработки месторождений. Представляется актуальной разработка принципов и методов диагностики вторичных минералов кимберлитов, основанных на детальном комплексном изучении этих новообразований с использованием собранного каменного материала из кимберлитовых диатрем Мирнинского (МКП), Далдынского (ДКП), Алакит-Мархинского (АМКП), Верхнемунского (ВМКП) и Накынского (НКП) кимберлитовых полей ЯАП. Особого внимания заслуживают те типы и разновидности кимберлитовых пород, микроскопическая диагностика которых существенно затруднена в связи с интенсивными метасоматическими, пневматолитово-гидротермальными и гипергенными процессами или принадлежностью к специфическим кратерными фациям [11, 16, 20, 24, 26].

Фактический материал, результаты исследований и их интерпретация. Материалом для настоящих исследований послужили образцы новообразований, в различные годы собранные при изучении коренных алмазных месторождений Сибирской, Восточно-Европейской и Южно-Африканской платформ, а также серия образцов этих минералов некимберлитовых источников (осадочного и гидротермального). В лабораторно-аналитических исследованиях принимали участие Б. П. Антонюк, В. П. Афанасьев, М. Д. Братусь, Г. В. Кузнецов, С. С. Мацюк, Ю. М. Мельник, А. Д. Харьков. Часть полученного ими материала была использована в совместных с автором статьи работах [1–6, 31, 39–43]. Наибольшее внимание было уделено детальному изучению люминесцентных свойств сульфатов из кимберлитов, которые до настоящего времени оставались слабоизученными, а также сравнительной характе-

ристике с таковыми для однотипных минералов некимберлитовых источников. Перед исследованием люминесцентных характеристик безводных сульфатов предварительно выполнялись электронно-зондовые и спектральные исследования их химического состава.

Минералы класса *сульфатов* в кимберлитовых породах древних платформ мира представлены водными и безводными разностями. Среди *водных* сульфатов идентифицированы гипс, эпсомит, метабазалюминит и брошантит. *Гипс* часто встречается в верхних горизонтах кимберлитовых пород СП, ВЕП и ЮАП, где он образует многочисленные жилы, прожилки и неправильные выделения, в том числе и обволакивающие вкрапленники других минералов. Встречаются игольчатые и волокнистые агрегаты минерала, реже в трещинах наблюдаются огранённые кристаллы (рис. 1). Жильные выделения гипса в верхних горизонтах диатрем (рис. 2) обычно вниз по разрезу переходят в безводный сульфат ангидрит. На дифрактометрических кривых гипс диагностируется по серии отражений с межплоскостными расстояниями, равными 0,754–0,756, 0,380, 0,306, 0,287 и 0,278 нм.

Эпсомит отмечен в отдельных блоках кимберлитов некоторых кимберлитовых трубок (Удачная, Юбилейная и др.), где придаёт породам белёсую окраску. Химическая формула минерала – $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. На дифрактограммах минералу соответствуют рефлексы с межплоскостными расстояниями, равными 0,593, 0,532, 0,423, 0,295, 0,288 и 0,268 нм. На кривых ДТА дериватограмм новообразований, обогащённых эпсомитом, минералу принадлежит ряд эндотермических эффектов (рис. 3).

Метабазалюминит установлен в виде ничтожной примеси в изменённых кимберлитах трубок Сытыканская, Юбилейная и др. Химическая формула минерала – $Al_4(SO_4)(OH)_{10}$. Наиболее уверенно примеси минерала диагностированы рентгенометрически по интенсивным рефлексам 0,850, 0,681 и 0,436 нм.

Брошантит установлен лишь в единичных изученных образцах изменённых кимберлитов трубок Удачная и Сытыканская, где только в отдельных случаях концентрация его достигает 10%. Химическая формула минерала – $Cu_4SO_4(OH)_6$. На дифрактограммах минералу соответствуют отражения с межплоскостными расстояниями, равными 0,382, 0,264, 0,249 и 0,174 нм.

Среди безводных сульфатов в кимберлитах диагностированы ангидрит, барит, целестин и таумасит. Ангидрит наиболее характерен (см. рис. 2) для кимберлитовых пород глубоких горизонтов трубок Мир, Интернациональная и др. [5–7] Иногда его таблитчатые кристаллы покрывают трещины в кимберлитах сплошной корки. В ме-

стах растворения основных пород встречаются и натёчные (бугорчатые) агрегаты минерала, показатели преломления которого: $n_g = 1,615$, $n_m = 1,575$, $n_p = 1,571$. Химическая формула минерала – $CaSO_4$. По спектрам люминесценции ангидрит существенно отличается от аналогичного минерала другого генезиса (рис. 4).

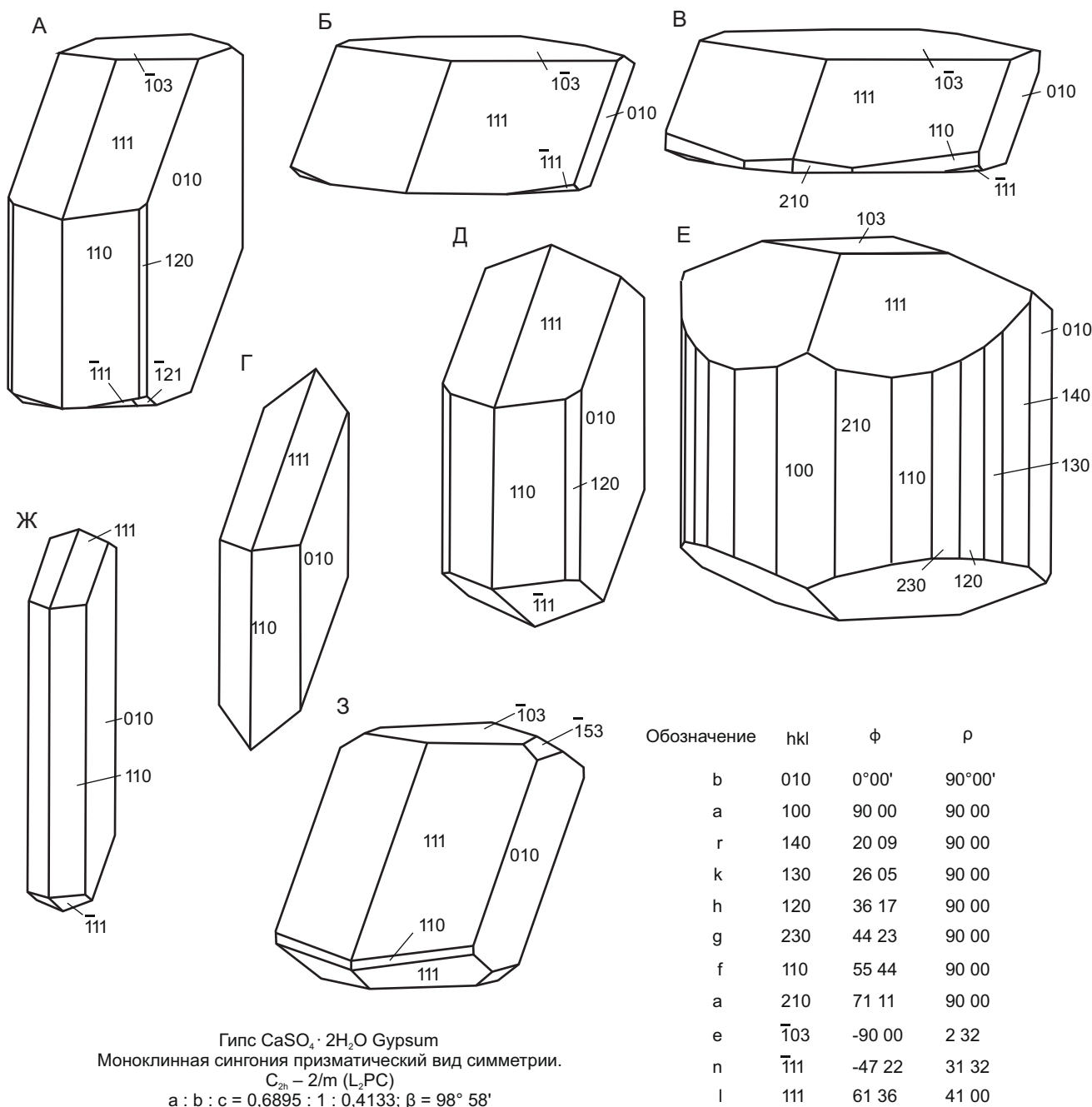


Рис. 1. Морфологические типы кристаллов гипса из кимберлитов трубки Молодость (А–Д) и Удачная (Е–З)

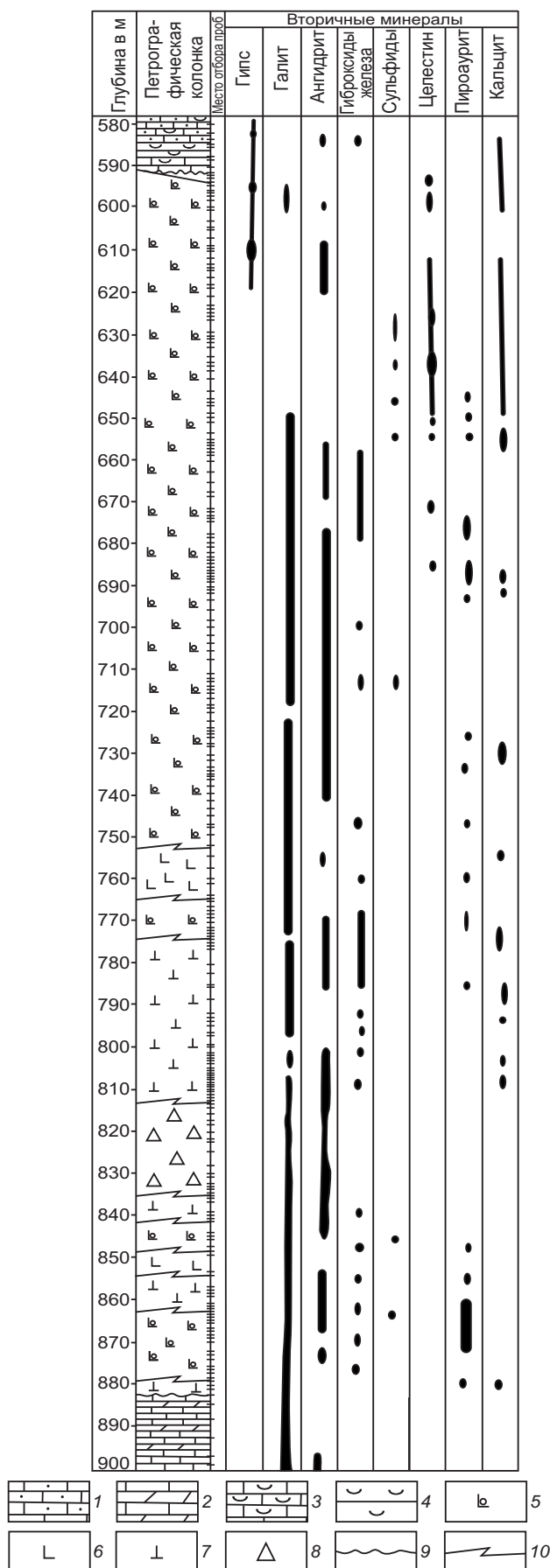


Рис. 2. Схема распределения преобладающих жильных вторичных минералов в кимберлитах глубоких горизонтов трубки Мир (по разрезу скв. 55):

известняки: 1 – песчанистые, 2 – доломитистые, 3 – с выделениями гипса; 4 – гипсы; брекчия: 5 – автолитовая кимберлитовая, 6 – кимберлитовая с массивной текстурой цемента, 7 – крупнопорфировая кимберлитовая, 8 – кластопорфировая кимберлитовая; 9 – граница между кимберлитами и вмещающими трубку породами; 10 – условные границы между отдельными типами кимберлитов

Барит выявлен при изучении вещественного состава трубок Удачная, Краснопресненская, Якутская и др. Агрегаты его обычно напоминают розы, сложенные линзовидными кристаллами. На кристаллах барита доминируют грани пинакоида и призмы (рис. 5). Сравнительно редко встречаются сплошные выделения крупнокристаллического барита. На дифрактометрических кривых минералу соответствует серия отражений с межплоскостными расстояниями, равными 0,439, 0,431, 0,386, 0,373, 0,354, 0,341, 0,330, 0,3078, 0,2813, 0,2714, 0,2648, 0,2201, 0,2112, 0,2094, 0,2044, 0,1921, 0,1749, 0,1677 и 0,1666 нм. Уверенно диагностируется минерал и на спектрах люминесценции (рис. 6).

Целестин отмечен в кимберлитовых породах СП, ВЕП и ЮАП в виде уплощённых радиальнолучистых агрегатов (рис. 7). Его кристаллы хорошо огранены (рис. 8). Наиболее часто встречающимися простыми формами являются призмы и пинакоиды, образующие короткостолбчатые, таблитчатые и копьевидные кристаллы. Рентгенометрические и химические исследования, а также спектры люминесценции (см. рис. 8) подтверждают практически чистый состав целестина, и только в отдельных кристаллах фиксируется примесь ВаО (до 1–2%).

Таумасит обнаружен в кимберлитовых породах отдельных трубок (Заполярная, Новинка, Удачная и др.) в виде ветвящихся мономинеральных прожилок или гнёзд размером до 1–1,5 см. Встречаются и отдельные кристаллы минерала (рис. 9). На дифрактометрических кривых (рис. 10) таумаситу принадлежат рефлексы с межплоскостными расстояниями, равными 0,940, 0,547, 0,532, 0,423, 0,295, 0,288 и 0,268 нм. На кривых ДТА дериватогрaмм отмечается ряд эндотермических эффектов характерных таумаситов.

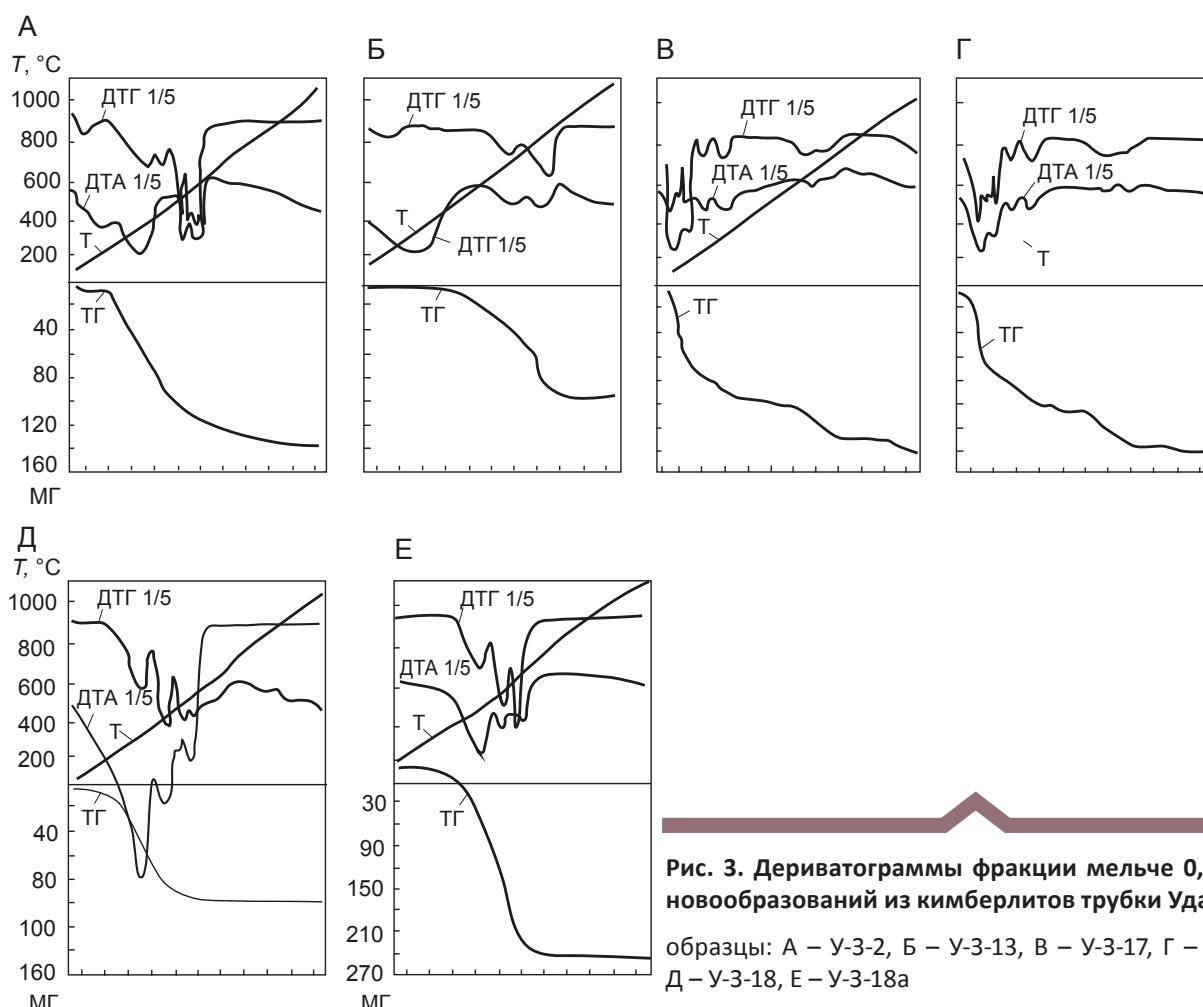


Рис. 3. Дериватограммы фракции мельче 0,005 мм новообразований из кимберлитов трубки Удачная:
образцы: А – У-3-2, Б – У-3-13, В – У-3-17, Г – У-3-17а, Д – У-3-18, Е – У-3-18а

На основании сравнительного изучения барита и целестина из кимберлитов можно утверждать, что между ними не существует непрерывного изоморфизма [31, 32, 36]. Максимальное содержание стронция и бария в барите и целестине достигает 2,31 и 2,52% соответственно. Из примесей электронно-зондовым анализом фиксируются Ca, Mg, реже Cu и Na. Спектральное изучение целестина и барита подтвердило постоянное присутствие в них таких примесей, как Cu (0,0001–0,5 г/т), Pb (0,0001–0,0012 г/т) и Ag (<0,001 г/т). Другие микропримеси не установлены. Было выполнено рентгенолюминесцентное исследование большой серии баритов и целестинов самого различного генезиса, а также проведены специальные эксперименты по активации соединений BaSO₄ и SrSO₄ ионами Pb, Mn и TR, что позволило представить существенно иную систему основных центров излучения в этих минералах [12, 19, 22,

14, 15, 18, 21, 27] по сравнению с предшествующими исследованиями.

Основными преобладающими по частоте встречаемости (не менее 90% образцов самого различного происхождения) и интенсивности излучения в природных баритах и целестинах являются центры, связанные с присутствием Pb в составе минерала. При этом фиксируются два типа центров, излучающие в коротко- и длинноволновой частях РЛ-спектра (см. рис. 6). Центр с коротковолновым излучением ($\lambda_m = 380\text{--}385$ нм в барите и 400 нм в целестине) является ионом Pb²⁺, изоморфно замещающим Ba²⁺ и Sr²⁺. Достоверность этой модели подтверждена экспериментами по активации искусственных соединений BaSO₄ и SrSO₄ свинцом и, в частности, характером излучения промышленного люминофора Л-33 (BaSO₄Pb), используемого в технике [39]. Центр с длинноволновым излучением ($\lambda_m = 830$ нм в барите и 795–

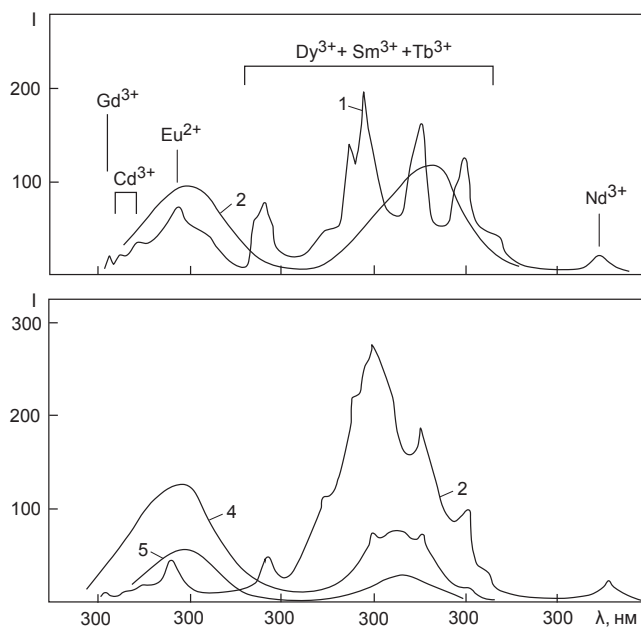


Рис. 4. Типы спектров рентгенолюминесценции ангидритов из гидротермальных месторождений (1), осадочных пород (2), кимберлитов трубки Мир (3, 5) и вмещающих карбонатных пород в районе трубки Удачная (4)

800 нм в целестине) рассматривается [23, 29] как ассоциативный центр – ион Pb^{2+} в комплексе с дефектом заряда на кислороде анионной решетки. Такие центры встречаются в природном микроклине и керамике и могут создаваться при активации ионами Pb соединений с крупными катионами – K, Sr и Ba. Следует отметить, что оба эти центра, в дальнейшем обозначенные как P_1 (Pb^{2+}) и P_2 (Pb^+), обладают в системе $(Ba, Sr)SO_4$ весьма высокой активностью, то есть РЛ-методом даже при минимальных содержаниях Pb (ниже уровня определения обычным спектральным анализом), например, в чистом виде $BaSO_4$, используемом в медицинской практике [39]. Активности или концентрации центров P_1 и P_2 достаточно хорошо прямо и положительно коррелируются между собой, особенно при анализе определённого генетического типа минералов. На типичных и наиболее распространённых РЛ-спектрах барита и целестина фиксируются исключительно центры P_1 и P_2 , причём общая интенсивность излучения в барите в целом выше, чем в целестине (см. рис. 6). При этом центр P_1 обычно превалирует над центром P_2 в обоих минералах, хотя отме-

чались образцы с обратным соотношением концентраций этих минералов.

В спектрах РЛ синтетических соединений $BaSO_4$ и $SrSO_4$ при отсутствии Pb устанавливаются [39] довольно интенсивные полосы с $\lambda_m = 320–330$ нм, которые можно идентифицировать как решётчатые центры типа дефекта заряда на кислороде – O^* , обычные для большинства природных и искусственных соединений. В природных же баритах и целестинах они в явном виде практически не фиксируются, проявляясь лишь в некотором уширении полос P_1 и смещении максимума излучения. Изучение центров излучения Eu^{2+} в барите и целестине проводилось на нескольких сериях искусственно активизированных соединений в широком диапазоне концентраций Eu. Установлены полосы излучения центров Eu^{2+} в барите ($\lambda_m = 373$ нм) и целестине ($\lambda_m = 376$ нм). Во всех случаях активации кроме центров Eu^{2+} присутствовали и центры Eu^{3+} (сложный линейчатый спектр), роль которых повышалась с увеличением концентрации Eu.

В природных минералах лишь для барита из некоторых гидротермальных месторождений (Северный Кавказ, Югославия) были выявлены [39] два образца с явно выраженными РЛ-центрами Eu^{2+} и Eu^{3+} . Характерно, что при этом отсутствовали какие-либо другие TR-центры. Учитывая очень близкое спектральное положение центров P_1 и Eu^{2+} , идентификацию последнего можно считать корректной и надёжной лишь при учёте ширины полосы (у Eu^{2+} она существенно уже) и присутствии излучения Eu^{3+} . При наложении полос P_1 и Eu^{2+} наблюдается чёткая структура коротковолновой части спектра.

Излучение ионов Ce^{3+} в системе $BaSO_4–SrSO_4$ проявляется относительно редко и представлено двойными полосами: 303–323 нм для целестина и 305–335 нм в барите. В двух образцах барита (метасоматизированные кварциты Украинского щита (УЩ) и гидротермальное проявление Приднестровья) выявлено линейчатое излучение ионов Sm^{3+} и Nd^{3+} в комплексе с излучением Ce^{3+} [39]. В образцах барита из полиметаллического месторождения УЩ установлено излучение Dy^{3+} и Cd^{3+} . Такой комплекс центров обычно свидетельствует о существенно иттриевом составе TR-элементов в минерале.

Получив данные об особенностях рентгенолюминесценции целестина и барита различного генезиса, мы провели сравнительное изучение

этих же минералов из кимберлитов. Особое внимание уделено наиболее распространённому в верхних частях кимберлитовых диатрем целестину. Изученные образцы различались по морфологическим характеристикам и формам выделения (жеоды, прожилки, радиально-лучистые, пластинчатые, мелкокристаллические агрегаты и др.), а также окраске (бесцветные, голубые и ко-

ричневые). Спектры рентгенолюминесценции регистрировались по общепринятой методике, но, кроме регистрации спектров в стационарном режиме, изучалась кинетика переходного люминесцентного процесса [39]. Фиксировались концентрации центров излучения P_{10} и P_{20} в момент включения рентгеновского облучения и их изменение до достижения равновесных концентраций

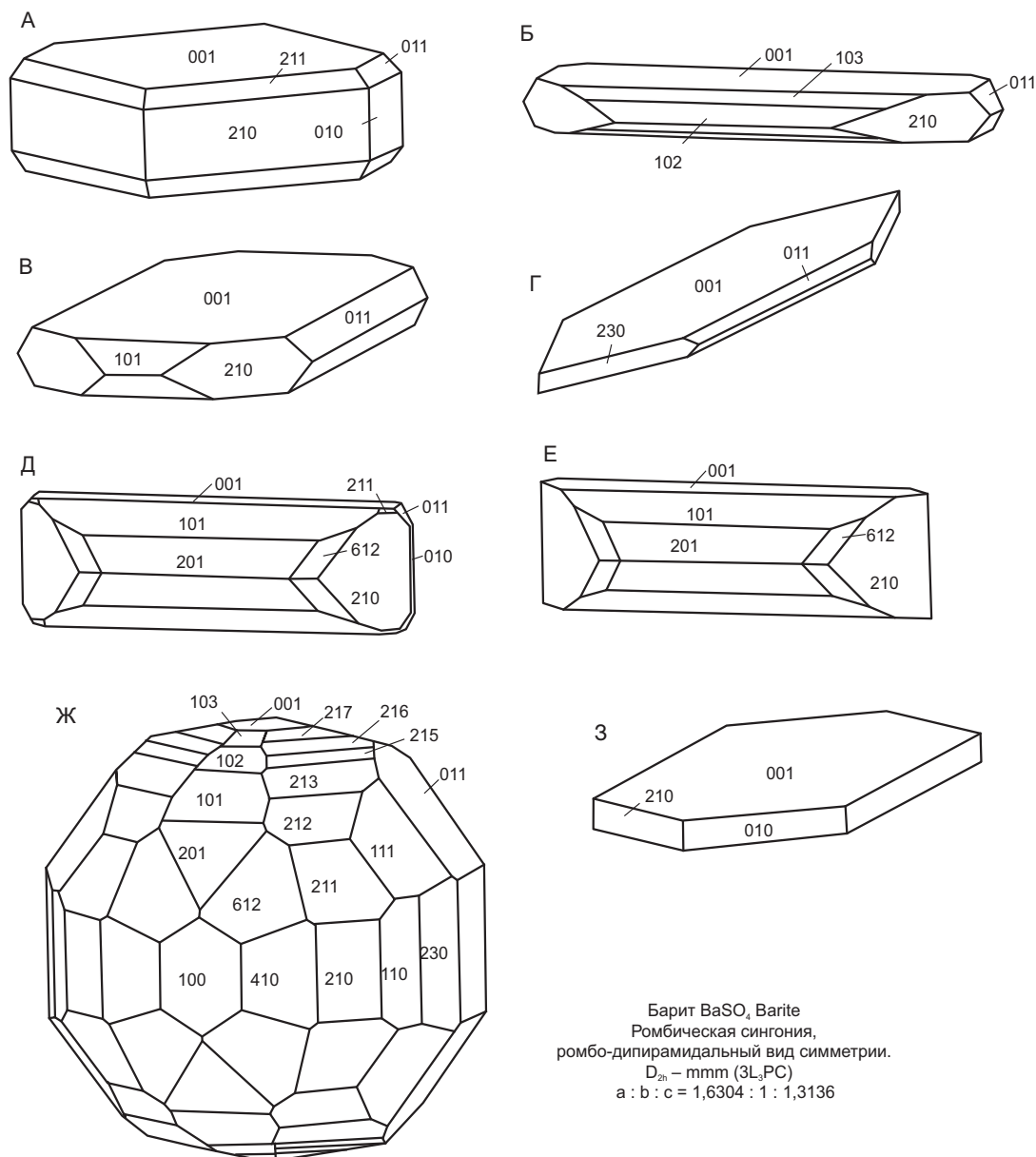


Рис. 5. Морфологические типы кристаллов барита из кимберлитов Якутии. С использованием материалов Б. П. Антоноука:

трубки: А – Ботуобинская (обр. Б-38), Б – Комсомольская Магнитная (обр. км-51), В – Якутская (обр. 03-62,5), Г, Ж, З – Удачная (Г – обр. УВ-226б, Ж – обр. 226а, З – обр. УВ-228), Д, Е – Ленинградская

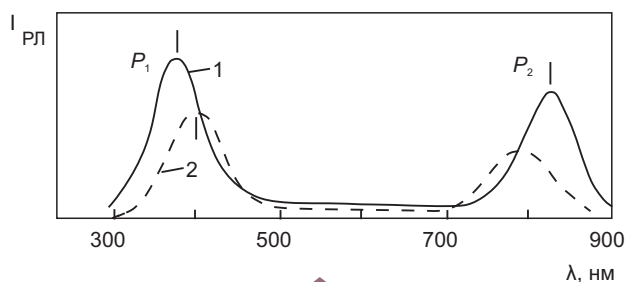


Рис. 6. Типичные спектры люминесценции барита (1) и целестина (2) с центрами излучения $Pb^{2+}(P_1)$ и $Pb^{2+}(P_2)$

в установившемся режиме – P_1 и P_2 . Характер изменения концентрации (кривая переходного процесса) для каждого конкретного РЛ-центра в минерале определяется как вещественной моделью центра (катионная примесь, решётчатый дефект заряда и др.), так и структурно-химическим состоянием кристалла (род и содержание примесей, структурное совершенство) и в целом характеризует генетические особенности минерала. Для центра P_1 в изученных целестинах из кимберлитов концентрация возрастает от некоторого на-

чального $I(P_1)_0$ до установившегося значения $I(P_1)$. Концентрация центров P_2 , наоборот, снижается от начального значения $I(P_2)_0$ до $I(P_2)$ в установившемся режиме. В качестве характеристики переходных процессов использовались [39] отношения начальной и конечной концентрации центров (P_{10}/P_1 и P_{20}/P_2) как некоторые кинетические люминесцентные факторы, определяющие структурно-химическое состояние кристалла и степень изменения этого состояния при радиационном воздействии. Минимальные радиационные изменения (значения P_{10}/P_1 и P_{20}/P_2 близки к 1) обычно характеризуют наименее совершенные в структурном отношении кристаллы и наиболее насыщенные примесями. Величины кинетического фактора имеют значение >1 для отрицательного процесса (затухание излучения) и <1 для положительного (разгорание излучения). Для конкретных центров излучения знак переходного процесса может быть как положительным, так и отрицательным, характеризую специфические условия образования минерала и его структурно-химическое состояние.

В изученной серии образцов целестинов из кимберлитов основными центрами излучения являются наиболее характерные для этого минерала

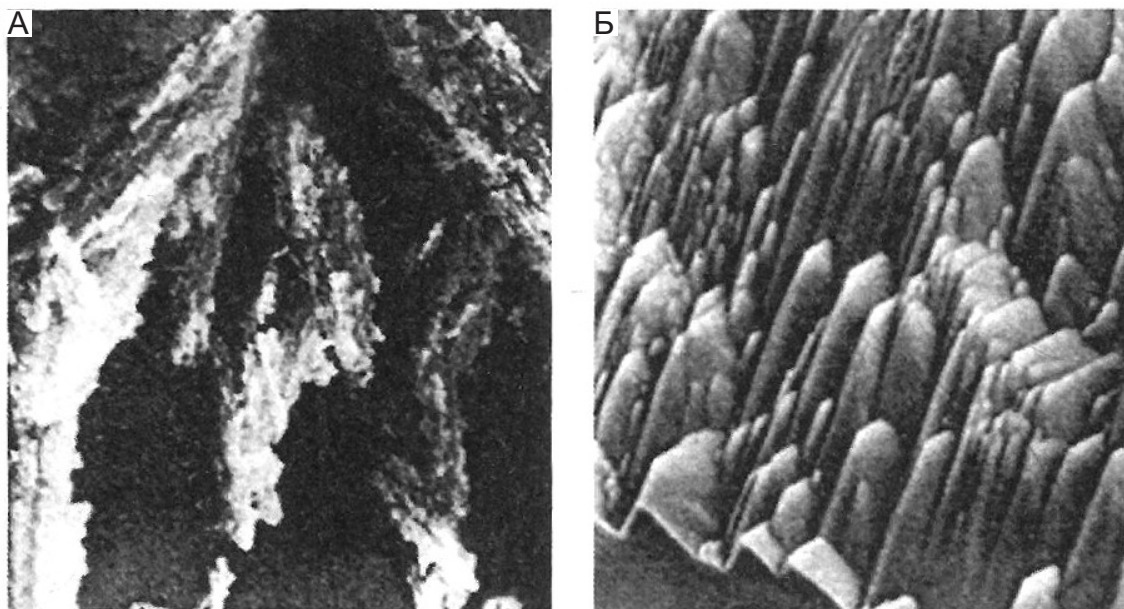


Рис. 7. Растровые электронные микрофотографии выделений целестина в кимберлитах трубки Удачная: увеличение: А – 300, Б – 2000

центры P_1 и P_2 . Явно выраженной особенностью изученных образцов является постоянное преобладание концентрации центров P_1 ($P_1/P_2 > 1$). В целом распределение отношений P_1/P_2 для изученных целестинов из кимберлитов и для серии образцов самого различного источника другого типа месторождений мира, в которых это значение меньше 1, характерны примерно для 35–40% образцов. Поэтому значение $P_1/P_2 > 1$ можно рассматривать как типоморфное для целестинов из кимберлитов. Другой, не менее важной особеннос-

тью изученных целестинов из кимберлитов явилось проявление в большинстве образцов явно выраженного излучения Ce^{3+} . В пробах целестина других источников проявление Ce^{3+} в РЛ-спектрах фиксировалось нами лишь на уровне следов и не считалось во многих случаях твердо установленным. В такой серии образцов излучение Ce^{3+} определяется по двойной достаточно хорошо разрешенной полосе 303–323 нм, причём интенсивность полосы вполне сопоставима с интенсивностью полос P_1 -центров. Учитывая возможность

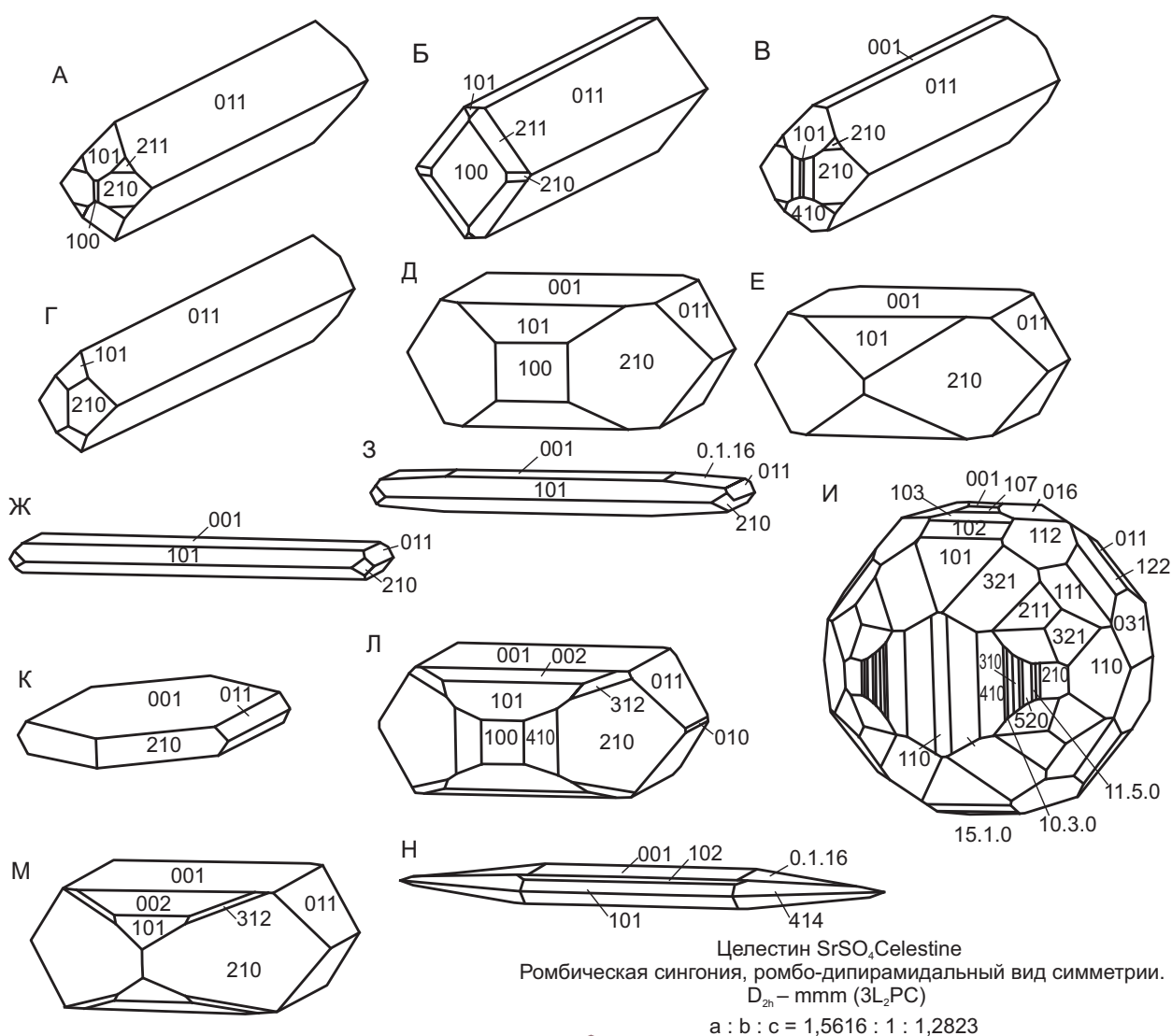


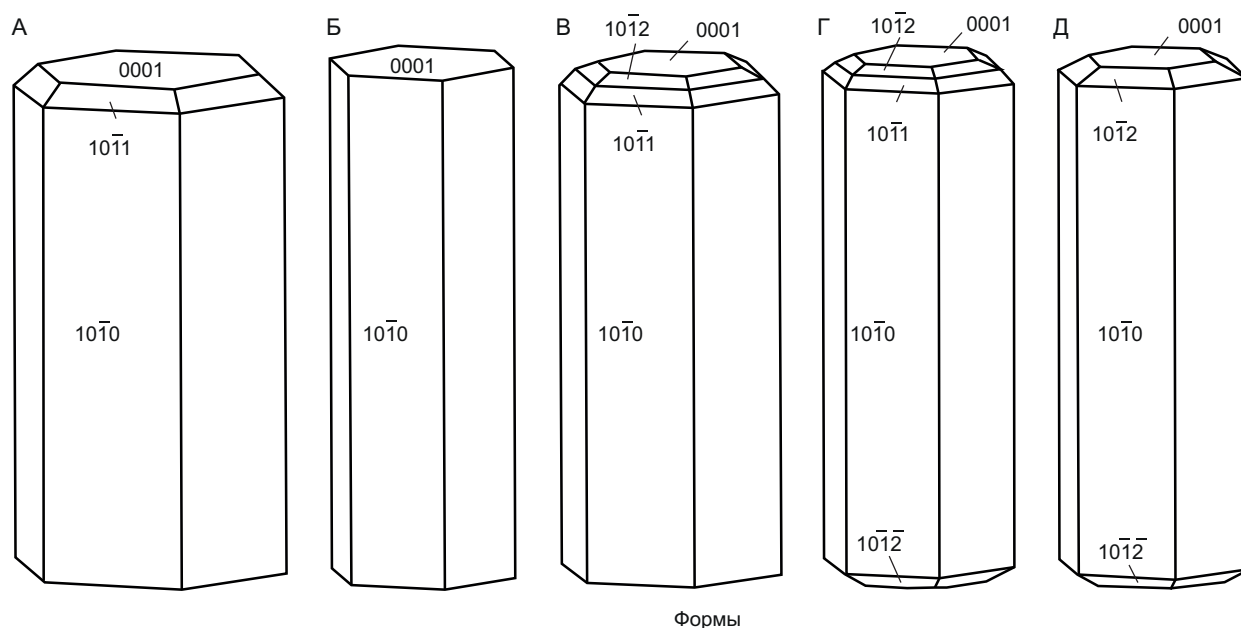
Рис. 8. Морфологические типы кристаллов целестинов из кимберлитов Якутии. С использованием материалов Б. П. Антонюка:

трубки: А–Г – Комсомольская-Магнитная, Д–З – Прогнозная, И, Л, Н – Удачная, К – Якутская

невяного, слабовыраженного излучения Ce^{3+} на фоне полосы P_1 -центров, нами [39] был использован определённый фактор формы спектра – f_c , вычисляемый как отношение интенсивностей излучения в точках 330 и 400 нм и отражающий (при условии отсутствия каких-либо центров излучения в этой области спектра) степень «цериовости» или «редкоземельности» целестина. Для изученных образцов целестина из кимберлитов значение f_c меняется от 0,16 до 1,33 (при максимальном проявлении Ce^{3+}). Следует при этом отметить, что роль факторов f_c как показателя «цериовости» целестина корректно интерпретируется лишь при значениях $f_c > 0,6$ и относительно низком проявлении центров, излучение которых устанавливается в области 350–400 нм. В нашем случае вариацию наиболее плотно распределённых значений f_c от 0,16 до 0,6 нельзя однозначно связывать лишь с увеличением роли Ce^{3+} в спектре. Возможно, в этом диапазоне значений f_c

присутствует и излучение Eu^{2+} (~380 нм), на что указывает и смещение максимума полосы излучения P_1 -центров от 400 до 385–390 нм, фиксируемое для большинства образцов по значениям $f_c = 0,51–0,72$. Эту группу образцов можно рассматривать как специфическую, с проявлением Eu^{2+} - Ce^{3+} -люминесценции.

Излучение Ce^{3+} отражает относительно повышенное содержание TR-элементов в отдельных образцах минерала. Отсутствие других характерных редкоземельных центров излучения (Cd^{3+} , Sm^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+}) связано в первую очередь с более высокой активностью излучения Dy^{3+} по сравнению с остальными, что установлено для обширной группы TR-содержащих минералов, и с общей малой концентрацией TR в целестине, что вполне соответствует ограниченному изоморфизму при относительно низких температурах кристаллизации. С другой стороны, это может свидетельствовать о селективном структурном



Таумасит $\text{Ca}_3\text{Si}(\text{CO}_3)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Thauмасит
Гексагональная сингония,
Гексагонально-пирамидальный $C_6-6(L_6)$ вид симметрии.
 $a : c = 1 : 0,943$

нижние	верхние	ϕ	ρ
0001	0001	–	0°00'
0002	1010	30°00'	90 00
	1012	30 00	28 34
	1011	30 00	47 26

Рис. 9. Морфологические типы кристаллов таумасита из кимберлитов Якутии. С использованием материалов Б. П. Антонюка:

трубки: А – Комсомольская-Магнитная, Б–Д – Новинка

отборе лёгких TR или о специфическом «цериевом» составе этих компонентов в минералообразующей среде. Однако эти вопросы могут быть выяснены лишь при широком изучении состава TR во всех минеральных комплексах кимберлитов.

Заключение. Приведённые данные показывают, что уверенная диагностика новообразований

сульфатов из кимберлитовых пород возможна лишь с помощью точных физико-химических методов исследований. Наиболее важное место в этом комплексе принадлежит рентгеновским исследованиям, позволяющим проводить идентификацию присутствующих в изучаемых образцах минеральных фаз. Применение для изучения

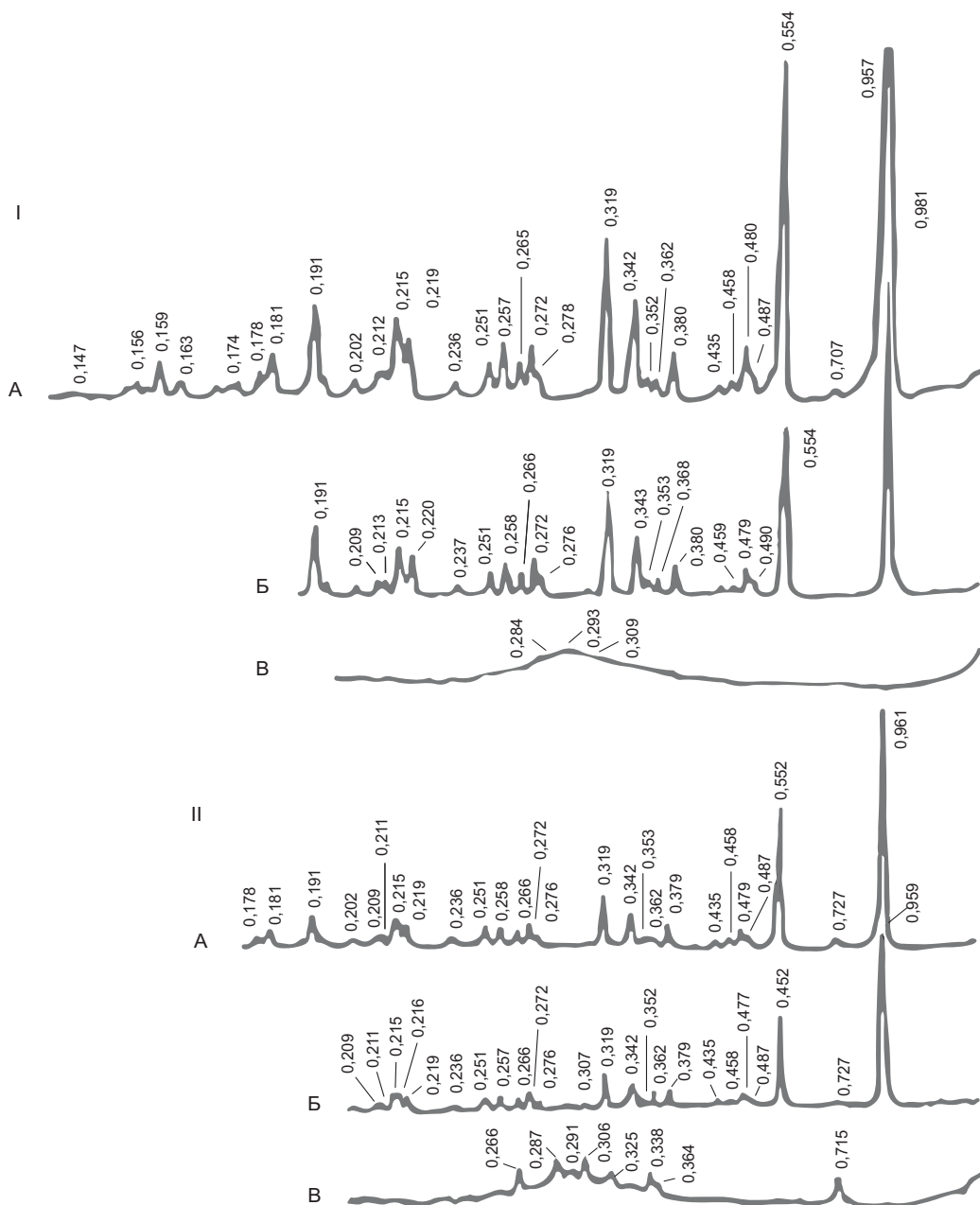


Рис. 10. Дифрактограммы обогащённых таумаситом новообразований кимберлитов трубки Удачная (I) и Заполярная (II):

препараты: А – исходный, Б – насыщенный глицерином, В – прокалённый в течение двух часов при T 600 °C

тех же проб дериватографии и оптико-спектрокопии даёт возможность уточнить в этих минеральных фазах формы и взаимоотношения водных и структурных форм и других компонентов. Состав петрохимических компонентов в мономинеральных образованиях, идентифицированных указанными методами, успешно можно определять с помощью рентгеноспектральных и химических (особенно для содержащих водные компоненты) анализов.

Проведённые исследования позволили сделать ряд выводов по наиболее часто встречаемым в кимберлитах сульфатам. Наиболее информативным оказался ангидрит в виде сростков с доломитом и целестином, встреченный в виде радиально-лучистых агрегатов и деформированных пластинчатых бесцветных кристаллов на поверхности кальцита, а также в виде «гипсовидных» прожилков с характерным шелковистым отливом. Последние содержат поздний магнетит и механические пылевидные включения лизардита, придающие ангидриту голубовато-зелёные тона. Очень интересен в генетическом плане ангидрит, ассоциирующий с целестином, отмеченный в виде примеси в екатерините. В последнем случае он имеет уникальный химический состав, поскольку в природном ангидрите зафиксирована высокая концентрация PbO (8,31%) и CuO (2,89%). Известно, что смесимость в ряду $PbSO_4$ – $CaSO_4$ является чрезвычайно ограниченной из-за различий в размерах Ca^{2+} и Pb^{2+} . Для природных ангидритов характерны две основные группы РЛ-спектров. Наиболее простым по составу является комплекс Mn^{2+} и SO_4^{2-} – центров, характерный обычно для образцов осадочного происхождения. Вторую группу составляют ангидриты с интенсивно выраженным излучением TR-ионов, среди которых зафиксированы Gd^{3+} , Ce^{3+} , Eu^{2+} , Dy^{3+} , Tb^{3+} , Sm^{3+} и Nd^{3+} , что обычно присуще минералу гидротермального происхождения.

На спектрах рентгенолюминесценции *барита* из кимберлитов отмечены три полосы с максимумами 395, 630 и 830 нм. Последняя интерпретируется как центр P_2 , в то время как первая смещена относительно обычного положения центров P_1 в барите в длиноволновую сторону примерно на 15 нм. Дальнейшее изучение барита из кимберлитов позволит прояснить вопрос о предпочтительности вхождения TR в бариевую или стронциевую систему, а также поможет оценить сравнительную селективность в отношении ионов

Ba и Sr в рамках единого минералообразующего процесса.

Целестин в кимберлитах обладает более сложными люминесцентными свойствами, чем это представлялось на анализе материала из осадочных и гидротермальных проявлений. В первую очередь, это касается вхождения TR-элементов в структуру минерала. Наиболее показательным типоморфным признаком для некоторых разновидностей вторичного целестина является интенсивное проявление Ce^{3+} -излучения. Поскольку связь этого излучения с какими-либо другими внешними характеристиками минерала (окраска, форма выделения и др.) не устанавливается, то более перспективным является анализ парагенетических ассоциаций минерала и первичного вещества. Существенным отличием изученных образцов целестинов из кимберлитов является преобладание центров P_1 над центрами P_2 ($P_1/P_2 > 1$), что не характерно для целестинов некимберлитового генезиса. Интенсивное проявление излучения Ce^{3+} зафиксировано в образцах с относительно низкими значениями P_1/P_2 (1,12–1,99). Связь люминесцентных характеристик целестинов из кимберлитов с окраской выражается лишь в общем подавлении всех центров излучения путём реабсорбции при усилении интенсивности окраски. Полученные типоморфные особенности преобладающих сульфатов из кимберлитов предложено использовать как при проведении геолого-поисковых работ на алмазы, так и при совершенствовании технологических процессов при извлечении из продуктивной руды ценного минерала.

Твёрдый раствор $(Ca, Cu, Pb)SO_4$, впервые зафиксированный для природных сульфатов в кимберлитах, в дальнейшем заслуживает детального комплексного изучения. Учитывая заметно повышенную концентрацию свинца в изученных сульфатах (как и в карбонатах), можно предположить также наличие в кимберлитах и самого англезита, образовавшегося из остаточных сульфатных растворов, обогащённых Pb, Cu и Zn. Это предположение отчасти подтверждается обнаруженной в таких образцах примесью сфалерита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н.* Минералогия древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 90–96.

2. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И.* Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361, № 3. – С. 366–369.
3. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Логвинова А. Н.* Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138, № 2. – С. 1–13.
4. *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.
5. *Братусь М. Д., Зинчук Н. Н., Краузе Г. Р., Витык М. О.* Условия кристаллизации и изотопная природа серы, углерода и кислорода сульфидно-кальциевой ассоциации в трубке Удачная (Якутия) // Геохимия. – 1998. – № 3. – С. 264–270.
6. *Братусь М. Д., Сворень И. М., Зинчук Н. Н., Аргунов К. П.* Газовые компоненты включений в алмазах различных морфологических типов из Якутии // Геохимия. – 1991. – № 11. – С. 1586–1595.
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 (9). – С. 37–55.
8. *Горшков А. И., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Шлыков В. Г., Жухлистов А. П., Мохов А. В., Сивцов А. В.* Новый упорядоченный смешанослойный минерал лизардит-сапонит из кимберлитов Южной Африки // Доклады РАН. – 2002. – Т. 382, № 3. – С. 374–378.
9. *Егоров К. Н., Зинчук Н. Н., Мишенин С. Г., Серов В. П., Секерин А. П., Галенко В. П., Денисенко Е. П., Барышев А. С., Меньшагин Ю. В., Кошкарев Д. А.* Перспективы коренной и россыпной алмазоносности Юго-Западной части Сибирской платформы // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы Акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. Дополнительные материалы по итогам региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы геологической отрасли АК «АЛРОСА» и научно-методическое обеспечение их решений», посвящённой 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный: МГТ, 2003. – С. 50–84.
10. *Зинчук Н. Н.* Геологические исследования при поисках алмазных месторождений // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2021. – № 4. – С. 35–52.
11. *Зинчук Н. Н.* Докембрийские источники алмазов в россыпях фанерозоя // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2021. – № 3. – С. 50–61.
12. *Зинчук Н. Н.* Карбонатизация кимберлитов при постмагматических процессах // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2017. – № 4. – С. 63–71.
13. *Зинчук Н. Н.* Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ // Руды и металлы. – 2022. – № 2. – С. 100–120.
14. *Зинчук Н. Н.* Кремнистые минералы в кимберлитах // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2022. – № 4. – С. 38–52.
15. *Зинчук Н. Н.* О геохимических особенностях разновозрастных образований алмазоперспективных территорий // Отечественная геология. – 2023. – № 1. – С. 42–55.
16. *Зинчук Н. Н.* Об использовании гипергенных образований кимберлитов при алмазопроисловых работах // Отечественная геология. – 2020. – № 2. – С. 62–80.
17. *Зинчук Н. Н.* Об основных геолого-поисковых обстановках при прогнозировании кимберлитовых трубок // Наука и образование. – 2016. – № 4 (84). – С. 7–15.
18. *Зинчук Н. Н.* Об особенностях флюидных и гидротермальных включений в некоторых минералах кимберлитов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 26. – Пермь : ПГНУ, 2023. – С. 45–64.
19. *Зинчук Н. Н.* Особенности алмазоносности разных фаз внедрения кимберлитов // Отечественная геология. – 2017. – № 1. – С. 105–111.
20. *Зинчук Н. Н.* Особенности минералов слюд в кимберлитах // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2018. – № 2. – С. 29–39.
21. *Зинчук Н. Н.* Особенности петрографического изучения кимберлитовых пород // Отечественная геология. – 2022. – № 4. – С. 34–49.
22. *Зинчук Н. Н.* Особенности серпентинизации кимберлитовых пород // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2017. – № 3. – С. 66–74.
23. *Зинчук Н. Н.* Особенности состава и распределения слюдястых образований в кимберлитовых породах Якутии // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1991. – № 7. – С. 58–66.
24. *Зинчук Н. Н.* Особенности флюидных включений в минералах // Вестник Пермского ун-та. Геология. – 2021. – Т. 20, № 2. – С. 110–124.
25. *Зинчук Н. Н.* Роль петролого-минералогических и геохимических исследований в оценке потенциальной алмазоносности кимберлитов // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 36–47.
26. *Зинчук Н. Н.* Типоморфные свойства индикаторных минералов кимберлитов и их использование при прогнозировании месторождений алмаза на Сибирской платформе // Отечественная геология. –

2021. – № 2. – С. 41–56.
27. Зинчук Н. Н., Бардухинов Л. Д. О специфике изучения алмаза при прогнозно-поисковых работах (на примере Сибирской платформы) // Руды и металлы. – 2021. – № 3. – С. 59–75.
 28. Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Яныгин Ю. Б. Особенности минерации алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М. : МГТ, 2004. – 172 с.
 29. Зинчук Н. Н., Зинчук М. Н. О специфике термобарических факторов оруденения // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 26. – Пермь : ПГНУ, 2023. – С. 65–86.
 30. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Чёрный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисковых работ // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
 31. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
 32. Зинчук Н. Н., Стегницкий Ю. Б. Особенности коры выветривания кимберлитов северо-востока Анголы // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2020. – № 2. – С. 6–19.
 33. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Кристаллохимические и структурные особенности глинистых минералов в корях выветривания в зависимости от типа исходных пород // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2001. – Т. 76, № 3. – С. 69–79.
 34. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Об аномалии общей схемы преобразования разбухающих глинистых минералов при погружении содержащих их отложений в стратиферу // Вестник Воронежского ун-та. Серия геология. – 2003. – № 2. – С. 57–68.
 35. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1997. – № 2. – С. 53–63.
 36. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдистых минералов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53–61.
 37. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в отложениях терригенной формации // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2001. – Т. 76, № 1. – С. 45–53.
 38. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н., Кузьмин В. А. Морфогенетические разновидности каолинита в корях выветривания и осадочном чехле земной коры. Ст. 1. Механизм образования каолинита в корях выветривания различных петрохимических типов пород // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2006. – № 5. – С. 19–25.
 39. Савко А. Д., Шевырев Л. Т., Зинчук Н. Н. Эпохи мощного корообразования в истории Земли. – Воронеж : ВГУ, 1999. – 102 с.
 40. Толстов А. В., Зинчук Н. Н. Вклад Алмазной лаборатории ЦНИГРИ в научную кладовую Якутии // Руды и металлы. – 2022. – № 2. – С. 25–35.
 41. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Коренные месторождения алмазов Мира. – М. : Недра, 1998. – 555 с.
 42. Харьков А. Д., Зуенко В. В., Зинчук Н. Н., Крючков А. И., Уханов А. В., Богатых М. М. Петрохимия кимберлитов. – М. : Недра, 1991. – 304 с.
 43. Хитров В. Г., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 296, № 5. – С. 1228–1233.
 44. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Griffin V. L. et al. Diamond prospects in the Southwestern flank of the Tungusk Sineklise // Geology of ore Deposits. – 2005. – Т. 47, № 1. – P. 45–62.
 45. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform // Doklady Earth Sciences. – 2015. – Т. 465, № 2. – P. 1297–1301.
 46. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Comparative analysis of clay Mineral evolution under the Conditions of humid and arid Lithogenesis // Russian Geology and Geophysics. – 2008. – № 10. – P. 121–144.
 47. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform // Petrology. – 2001. – Т. 9. – № 6. – P. 576–588.

REFERENCES

1. Afanas'yev V. P., Zinchuk N. N. Mineralogiya drevnikh rossypey almazov vostochnogo borta Tungusskoy sineklizy [Mineralogy of ancient diamond placers of the eastern side of the Tunguska syneclise]. Geologiya i geofizika, 1987, No. 1, pp. 90–96. (In Russ.)
2. Afanas'yev V. P., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Poligenez almazov v svyazi s problemoy korennykh rossypey severo-vostoka Sibirskoy platformy [Diamond polygenesis in connection with the problem of bedrock placers in the northeast of the Siberian Platform]. Doklady Akademii nauk, 1998, V. 361, No. 3, pp. 366–369. (In Russ.)

3. *Afanas'yev V. P., Zinchuk N. N., Logvinova A. N.* Osobennosti raspredeleniya rossypanykhalmazov, svyazannykh s dokembriyskimi istochnikami [Features of the distribution of alluvial diamonds associated with Precambrian sources], *Zapiski Rossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva*, 2009, T. 138, No. 2, pp. 1–13. (In Russ.)
4. *Afanas'yev V. P., Pokhilenko N. P., Logvinova A. M., Zinchuk N. N., Yefimova E. S., Saf'yannikov V. I., Krasavchikov V. O., Podgornykh M. M., Prugov V. P.* Osobennosti morfologii i sostava nekotorykh khromshpinelidov almazonosnykh ploshchadey v svyazi s problemoy «lozhnykh» indikatorov kimberlitov [Features of the morphology and composition of some chrome-spinels of diamond-bearing areas in connection with the problem of «false» indicators of kimberlites], *Geologiya i geofizika*, 2000, V. 41, No. 12, pp. 1729–1741. (In Russ.)
5. *Bratus' M. D., Zinchuk N. N., Krauze G. R., Vityk M. O.* Usloviya kristallizatsii i izotopnaya priroda sery, ugleroda i kisloroda sul'fidno-kal'tsiyevoy assotsiatsii v trubke Udachnaya (Yakutiya) [Crystallization conditions and the isotopic nature of sulfur, carbon and oxygen of the calcium sulfide association in the Udachnaya pipe (Yakutia)], *Geokhimiya*, 1998, No. 3, pp. 264–270. (In Russ.)
6. *Bratus' M. D., Svoren' I. M., Zinchuk N. N., Argunov K. P.* Gazovyye komponenty vklyucheniya v almazakh razlichnykh morfologicheskikh tipov iz Yakutii [Gas components of inclusions in diamonds of various morphological types from Yakutia], *Geokhimiya*, 1991, No. 11, pp. 1586–1595. (In Russ.)
7. *Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G.* Geodinamicheskiy kontrol' razmeshcheniya kimberlitovykh poley tsentral'noy i severnoy chastey Yakutskoy kimberlitovoy provintsii (petrokhimicheskiy aspekt) [Geodynamic control of the placement of kimberlite fields in the central and northern parts of the Yakutsk kimberlite province (petrochemical aspect)], *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya*, 2000, No. 3 (9), pp. 37–55. (In Russ.)
8. *Gorshkov A. I., Zinchuk N. N., Kotel'nikov D. D., Shlykov V. G., Zhukhlistov A. P., Mokhov A. V., Sivtsov A. V.* Novyy uporyadochennyy smeshanosloynny mineral lizardit-saponit iz kimberlitov Yuzhnoy Afriki [New ordered mixed-layer mineral lizardite-saponite from kimberlites South Africa], *Doklady RAN*, 2002, V. 382, No. 3, pp. 374–378. (In Russ.)
9. *Yegorov K. N., Zinchuk N. N., Mishenin S. G., Serov V. P., Sekerin A. P., Galenko V. P., Denisenko Ye. P., Baryshev A. S., Men'shagin Yu. V., Koshkarev D. A.* Perspektivy korennoy i rossyponoy almazonosnosti Yugo-Zapadnoy chasti Sibirskoy platformy [Prospects for primary and alluvial diamond content in the South-western part of the Siberian Platform], *Geologicheskiye aspekty mineral'no-syr'yevoy bazy Aktsionernoy kompanii «ALROSA»: sovremennoye sostoyaniye, perspektivy, resheniya. Dopolnitel'nyye materialy po itogam regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy geologicheskoy otrasli AK «ALROSA» i nauchno-metodicheskoye obespecheniye ikh resheniy»*, posvyashchennoy 35-letiyu YANIGP TSNIGRI AK «ALROSA», Mirnyy, MGT publ., 2003, pp. 50–84. (In Russ.)
10. *Zinchuk N. N.* Geologicheskiye issledovaniya pri poiskakh almaznykh mestorozhdeniy [Geological research in the search for diamond deposits], *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya*, 2021, No. 4, pp. 35–52. (In Russ.)
11. *Zinchuk N. N.* Dokembriyskiye istochniki almazov v rossypanykh fanerozoia [Precambrian sources of diamonds in Phanerozoic placers], *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya*, 2021, No. 3, pp. 50–61. (In Russ.)
12. *Zinchuk N. N.* Karbonatizatsiya kimberlitov pri postmagmaticheskikh protsessakh [Carbonatization of kimberlites during postmagmatic processes], *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya*, 2017, No. 4, pp. 63–71. (In Russ.)
13. *Zinchuk N. N.* Kory vyvetrivaniya i ikh rol' v formirovaniy postkimberlitovykh osadochnykh tolshch [Weathering crusts and their role in the formation of post-kimberlite sedimentary strata], *Rudy i metally*, 2022, No. 2, pp. 100–120. (In Russ.)
14. *Zinchuk N. N.* Kremnistyye mineraly v kimberlitakh [Siliceous minerals in kimberlites], *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya*, 2022, No. 4, pp. 38–52. (In Russ.)
15. *Zinchuk N. N.* O geokhimicheskikh osobennostyakh raznovozrastnykh obrazovaniy almazoperspektivnykh territoriy [On the geochemical features of uneven-aged formations of diamond-promising territories], *Otechestvennaya geologiya*, 2023, No. 1, pp. 42–55. (In Russ.)
16. *Zinchuk N. N.* Ob ispol'zovanii gipergennykh obrazovaniy kimberlitov pri almazoposkovykh rabotakh [On the use of hypergene formations of kimberlites in diamond prospecting], *Otechestvennaya geologiya*, 2020, No. 2, pp. 62–80. (In Russ.)
17. *Zinchuk N. N.* Ob osnovnykh geologo-poiskovykh obstanovkakh pri prognozirovanii kimberlitovykh trubok [On the main geological prospecting conditions in the forecasting of kimberlite pipes], *Nauka i obrazovaniye*, 2016, No. 4 (84), pp. 7–15. (In Russ.)
18. *Zinchuk N. N.* Ob osobennostyakh flyuidnykh i gidrotermal'nykh vklyucheniya v nekotorykh mineralakh kimberlitov [On the features of fluid and hydrothermal inclusions in some minerals of kimberlites], *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnyye chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo. Is. 26, Perm, PGNU*, 2023, pp. 45–64. (In Russ.)
19. *Zinchuk N. N.* Osobennosti almazonosnosti raznykh faz vnedreniya kimberlitov [Features of diamond

- content of different phases of kimberlite intrusion], *Otechestvennaya geologiya*, 2017, No. 1, pp. 105–111. (In Russ.)
20. *Zinchuk N. N.* Osobennosti mineralov slyud v kimberlitakh [Features of micas minerals in kimberlites], *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologiya*, 2018, No. 2, pp. 29–39. (In Russ.)
 21. *Zinchuk N. N.* Osobennosti petrograficheskogo izucheniya kimberlitovykh porod [Peculiarities of petrographic study of kimberlite rocks], *Otechestvennaya geologiya*, 2022, No. 4, pp. 34–49. (In Russ.)
 22. *Zinchuk N. N.* Osobennosti serpentinizatsii kimberlitovykh porod [Features of serpentinization of kimberlite rocks], *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya*, 2017, No. 3, pp. 66–74. (In Russ.)
 23. *Zinchuk N. N.* Osobennosti sostava i raspredeleniya slyudistykh obrazovaniy v kimberlitovykh porodakh Yakutii [Peculiarities of the composition and distribution of mica formations in kimberlite rocks of Yakutia], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 1991, No. 7, pp. 58–66. (In Russ.)
 24. *Zinchuk N. N.* Osobennosti flyuidnykh vklyucheniy v mineralakh [Features of fluid inclusions in minerals], *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2021, V. 20, No. 2, pp. 110–124. (In Russ.)
 25. *Zinchuk N. N.* Rol' petrologo-mineralogicheskikh i geokhimicheskikh issledovaniy v otsenke potentsial'noy almazonosnosti kimberlitov [The role of petrological, mineralogical and geochemical studies in assessing the potential diamond content of kimberlites], *Otechestvennaya geologiya*, 2022, No. 1, pp. 36–47. (In Russ.)
 26. *Zinchuk N. N.* Tipomorfnyye svoystva indikatornykh mineralov kimberlitov i ikh ispol'zovaniye pri prognozirovaniy mestorozhdeniy almaza na Sibirskoy platforme [Typomorphic properties of kimberlite indicator minerals and their use in predicting diamond deposits on the Siberian platform], *Otechestvennaya geologiya*, 2021, No. 2, pp. 41–56. (In Russ.)
 27. *Zinchuk N. N., Bardukhinov L. D.* O spetsifike izucheniya almaza pri prognozno-poiskovykh rabotakh (na primere Sibirskoy platformy) [On the specifics of the study of diamond during predictive and prospecting work (on the example of the Siberian Platform)], *Rudy i metally*, 2021, No. 3, pp. 59–75. (In Russ.)
 28. *Zinchuk N. N., Boris Ye. I., Yanygin Yu. B.* Osobennosti mineragenii almaza v drevnikh osadochnykh tolshchakh (na primere verkhnepaleozoyskikh otlozheniy Sibirskoy platformy), Moscow, MGT publ., 2004, 172 p. (In Russ.)
 29. *Zinchuk N. N., Zinchuk M. N.* O spetsifike termobaricheskikh faktorov orudneniya [On the specifics of thermobaric factors of mineralization], *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnyye chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo. Is. 26, Perm, PGNU publ.*, 2023, pp. 65–86. (In Russ.)
 30. *Zinchuk N. N., Zuyev V. M., Koptil' V. I., Chornyy S. D.* Strategiya vedeniya i rezul'taty almazopoiskovykh rabot [The strategy of conducting and the results of diamond prospecting], *Gornyy vestnik*, 1997, No. 3, pp. 53–57. (In Russ.)
 31. *Zinchuk N. N., Mel'nik Yu. M., Serenko V. P.* Apokimberlitovyye porod [Apokimberlite rocks], *Geologiya i geofizika*, 1987, No. 10, pp. 66–72. (In Russ.)
 32. *Zinchuk N. N., Stegnitskiy Yu. B.* Osobennosti kory vyvetrivaniya kimberlitov severo-vostoka Angoly [Features of the weathering crust of kimberlites of the north-east of Angola], *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya*, 2020, No. 2, pp. 6–19. (In Russ.)
 33. *Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N.* Kristallokhimicheskiye i strukturnyye osobennosti glinistykh mineralov v korakh vyvetrivaniya v zavisimosti ot tipa iskhodnykh porod [Crystal-chemical and structural features of clay minerals in weathering crusts depending on the type of parent rocks], *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel geologicheskoy, 2001, V. 76, No. 3, pp. 69–79. (In Russ.)*
 34. *Kotel'nikov 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 deposits containing them into the stratisphere], *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Seriya geologiya*, 2003, No. 2, pp. 57–68. (In Russ.)
 35. *Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N.* Osobennosti glinistykh mineralov v otlozheniyakh razlichnykh osadochnykh formatsiy [Peculiarities of clay minerals in deposits of various sedimentary formations], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 1997, No. 2, pp. 53–63. (In Russ.)
 36. *Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N.* Tipomorfnyye osobennosti i paleogeograficheskoye znachenie slyudistykh mineralov [Typomorphic features and paleogeographical significance of micaceous minerals], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 1996, No. 1, pp. 53–61. (In Russ.)
 37. *Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N.* Usloviya nakopleniya i postsedimentatsionnogo preobrazovaniya glinistykh mineralov v otlozheniyakh terrigennoy formatsii [Conditions of accumulation and post-sedimentary transformation of clay minerals in deposits of terrigenous formation], *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel geologicheskoy, 2001, V. 76, No. 1, pp. 45–53. (In Russ.)*
 38. *Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N., Kuz'min V. A.* Morfogeneticheskiye raznovidnosti kaolinita v korakh vyvetrivaniya i osadochnom chekhle zemnoy kory. St. 1. Mekhanizm obrazovaniya kaolinita v korakh vyvetrivaniya razlichnykh petrokhimicheskikh tipov porod [Morphogenetic varieties of kaolinite in weathering crusts and

- sedimentary cover of the earth's crust. Art. 1. The mechanism of kaolinite formation in the weathering crusts of various petrochemical types of rocks], *Izvestiya VUZov. Geologiya i razvedka*, 2006, No. 5, pp. 19–25. (In Russ.)
39. *Savko A. D., Shevyrev L. T., Zinchuk N. N.* Epokhi moshchnogo koroobrazovaniya v istorii Zemli [Epochs of powerful crust formation in the history of the Earth], Voronezh, VGU publ., 1999, 102 p. (In Russ.)
40. *Tolstov A. V., Zinchuk N. N.* Vklad Almaznoy laboratoriyu TSNIGRI v nauchnyu kladovuyu Yakutii [The contribution of the TsNIGRI Diamond Laboratory to the scientific storeroom of Yakutia], *Rudy i metally*, 2022, No. 2, pp. 25–35. (In Russ.)
41. *Khar'kiv A. D., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I.* Korrennyye mestorozhdeniya almazov Mira [Primary diamond deposits of the World], Moscow, Nedra, 1998, 555 p. (In Russ.)
42. *Khar'kiv A. D., Zuyenko V. V., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I., Ukhanov A. V., Bogatykh M. M.* Petrokhimiya kimberlitov [Petrochemistry of kimberlites], Moscow, Nedra publ., 1991, 304 p. (In Russ.)
43. *Khitrov V. G., Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D.* Primeneniye klaster-analiza dlya vyyasneniya zakonmernostey vyvetrivaniya porod razlichnogo sostava [Application of cluster analysis to elucidate the patterns of weathering of rocks of various compositions], *Doklady AN SSSR*, 1987, V. 296, No. 5, pp. 1228–1233. (In Russ.)
44. *Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Griffin V. L.* et al. Diamond prospects in the Southwestern plinkt of the Tungusk Sineklise, *Geology of ore Deposits*, 2005, V. 47, No. 1, P. 45–62.
45. *Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V.* The age of Predictable primary diamond sources in the North-eastern Sibirian platform, *Doklady Earth Sciences*, 2015, V. 465, No. 2, P. 1297–1301.
46. *Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N.* Comparative analysis of clay Mineral evolution under the Conditions of humid and arid Lithogenesis, *Russian Geology and Geophysics*, 2008, No. 10, pp. 121–144.
47. *Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya.* Mantle Sources of the kimberlite Vorcanism of the Sibirian Platform, *Petrology*, 2001, V. 9, No. 6, pp. 576–588.

Статья поступила в редакцию 18.04.23; одобрена после рецензирования 30.04.23; принята к публикации 11.05.23.
The article was submitted 18.04.23; approved after reviewing 30.04.23; accepted for publication 11.05.23.

Журнал «Отечественная геология» принимает участие в геологических конференциях, совещаниях, съездах в качестве информационного партнёра, освещая на своих страницах важные события отрасли.

Приглашаем к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов по вопросам размещения рекламы или издания целевого номера.

Проблемы генезиса месторождений Озернинского полиметаллического рудного узла (Западное Забайкалье, Россия)

Озернинский рудный узел представляет собой уникальную по концентрации богатого и разнообразного оруднения геологическую мегаструктуру. Здесь сосредоточено более 20 месторождений свинца, цинка, железа, меди, барита, золота, в том числе крупнейшее в России по запасам цинка Озерное полиметаллическое месторождение. Проведённые нами исследования показали, что многие морфологические признаки руд этого месторождения, которое большинством исследователей относится к гидротермально-осадочному типу, неоднозначны, наблюдаются признаки метасоматического происхождения сульфидной минерализации. Наряду со свинцово-цинковыми в пределах Озернинского узла известны комплексные золотополиметаллические, железоокисные (гематит-магнетитовые) и медно-баритовые месторождения, происхождение которых остаётся дискуссионным. В связи с широким развитием экзогенных месторождений золота существует необходимость оценки золотоносности разных типов эндогенной рудной минерализации как потенциальных источников благородных металлов. Несмотря на достаточно длительный период исследований Озернинского рудного узла (более полувека), многие вопросы, касающиеся соотношений разных типов минерализации, возраста, генезиса руд, геодинамических обстановок формирования месторождений, до сих пор остаются предметом дискуссий. Решение этих вопросов требует более детальных геохронологических и литолого-стратиграфических исследований, проведённых в комплексе с изучением минерального состава руд, их изотопно-геохимических характеристик и физико-химических условий формирования.

Ключевые слова: Озернинский рудный узел, полиметаллические руды, проблемы генезиса.

ДАМДИНОВ БУЛАТ БАТУЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по научной работе ¹, damdinov@mail.ru

ВИКЕНТЬЕВ ИЛЬЯ ВЛАДИМИРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник ¹, ilyavikentev@rambler.ru

ДАМДИНОВА ЛЮДМИЛА БОРИСОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник ¹, ludamdinova@mail.ru

МИНИНА ОЛЬГА РОМАНОВНА, доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией ¹, yaksha@rambler.ru

ЖМОДИК СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник ¹, zhmodik@igm.nsc.ru

СОБОЛЕВ ИВАН ДМИТРИЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник ², id_sobolev@igem.ru

ТЮКОВА ЕВГЕНИЯ ЭРАСТОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ², evgtjuk@mail.ru

СПИРИНА АДЕЛИНА ВЛАДИМИРОВНА, младший научный сотрудник ¹, shakhtiyarova@bk.ru

ИЗВЕКОВА АЛЕКСАНДРА ДМИТРИЕВНА, младший научный сотрудник ¹, boxjer@mail.ru

МОСКВИТИНА МАРИЯ ЛЕОНИДОВНА, аспирант ¹, homasca@mail.ru

САЖИНА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА, аспирант ¹, skuratova.tatyana@list.ru

БАДМАЖАПОВ БАТО БАТОРОВИЧ, аспирант ¹, badmazapovbato@gmail.com

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН), г. Улан-Удэ

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва

Problems of the genesis of ore deposits of the Ozerninsky polymetallic ore cluster (western Transbaikalian region, Russia)

B. B. DAMDINOV¹, I. V. VIKENTIEV¹, L. B. DAMDINOVA¹, O. R. MININA¹, S. M. ZHMODIK¹, I. D. SOBOLEV², E. E. TYUKOVA², A. V. SPIRINA¹, A. D. IZVEKOVA¹, M. L. MOSKVITINA¹, T. I. SAZHINA¹, B. B. BADMAZHAPOV¹

¹ Dobresov Geological Institute, Siberia Branch, Russian Academy of Sciences (SB RAS), Ulan-Ude

² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences (RAS), Moscow

The Ozerninsky ore cluster is a unique geological megastructure in terms of the concentration of rich and diverse mineralization. More than 20 deposits of lead, zinc, iron, copper, barite, and gold are concentrated here, including the Ozernoye polymetallic deposit, the largest in Russia in terms of the zinc reserve. Our studies have shown that many morphological features of the ores of this deposit, which most researchers assign to the hydrothermal-sedimentary type, are ambiguous; some signs of a metasomatic origin of the sulfide mineralization are observed. Along with lead-zinc deposits, complex gold-polymetallic, iron-oxide (hematite-magnetite), and copper-barite deposits are known within the Ozerninsky ore cluster, the origin of which remains debatable. Due to the wide distribution of exogenous gold deposits, there exists a need to assess the gold content of various types of the endogenous ore mineralization as potential sources of the precious metals. Despite the rather long period of studies of the Ozerninsky ore cluster (more than half a century), many questions related to ratios of the different mineralization types, the age, genesis of the ores, and geodynamic settings of formation of the deposits are still the subject of discussion. Solution of these issues requires more detailed geochronological and lithological-stratigraphic investigations conducted in combination with studying the mineral composition of the ores, their isotope-geochemical characteristics, and the physico-chemical formation conditions.

Key words: Ozerninsky ore cluster, polymetallic ores, ore deposit genesis problems.

Введение. Озернинский бор-барит-железо-медь-золото-свинцово-цинковый рудный узел Еравнинского рудного района расположен на южной окраине Витимского плоскогорья в Западном Забайкалье [5]. Рудный узел представляет собой уникальный объект, характеризующийся развитием генетически разных типов рудной минерализации, развитых в пределах единой рудоносной мегаструктуры. Здесь сосредоточено более 20 месторождений свинца, цинка, железа, меди, барита, золота, в том числе крупнейшее в России по запасам цинка Озерное полиметаллическое месторождение.

Исследования рудной минерализации в Озернинском рудном узле были начаты в связи с находками железных руд в 1960 г. В период с 1961 по 1964 гг. было выявлено большинство крупных месторождений: Озерное и Ульзутуйское полиметаллические, Гематитовое, Магнетитовое, Гурвунурское, Аришинское железорудные, Туркульское и Гундуйское железо-медно-баритовые. Геологическое изучение этих месторождений длится уже около 60 лет. В то же время, несмотря на такой длительный период исследований, единого мнения о строении и генезисе месторождений Озернинского узла нет. Это касается как Озерного Pb-Zn месторождения – крупнейшего объекта рудного узла, так и месторождений других типов, оценка которых не была завершена. При этом приня-

тая генетическая модель месторождения может напрямую влиять на его промышленную значимость. Особенно хорошо это видно на примере Озерного месторождения. На геологическом разрезе месторождения, составленном Д. И. Царевым на базе гидротермально-метасоматической модели [32, 33], видно, что рудные тела имеют линзовидную морфологию и относительно небольшие размеры. Тогда как разрез, построенный на основе гидротермально-осадочной модели, отражает стратиформную пластовую морфологию рудных тел и, соответственно, заметно большие запасы руд, чем в предыдущем случае [27].

Таким образом, выявление генезиса месторождений необходимо как для правильной оценки промышленной значимости месторождений, так и для проведения региональных прогнозно-металлогенических построений в регионе для оценки возможности находок новых, в том числе не выходящих на поверхность, рудных месторождений.

Представленная статья посвящена обсуждению актуальных проблем генезиса разных типов рудной минерализации, развитых в пределах Озернинского рудного узла, с акцентом на крупнейший объект – Озерное полиметаллическое месторождение. Следует заметить, что как генетические вопросы, так и ряд других аспектов в геологии Озернинского рудного узла до сих пор остаются предметом дискуссий.

Геологическое строение Озернинского рудного узла, проблемы стратиграфии и магматизма. Сведения о геологическом строении Озернинского рудного узла опубликованы в ряде работ [2, 3, 5, 7, 14, 22 и др.]. В тектоническом плане эта территория рассматривается как палеозойская Удино-Витимская островодужная система (УВОС), в состав которой входит крупная Еравнинская вулкано-тектоническая структура (ВТС) [4, 5]. К Еравнинской ВТС, слагающей провес кровли среди позднепалеозойских гранитоидов Ангаро-Витимского батолита, приурочен Озернинский рудный узел площадью около 250 км². Однако данные бурения единичных глубоких скважин не подтвердили наличие повсеместного гранитоидного фундамента, несмотря на геофизический прогноз его наличия. Более того, данные магнитотеллурического зондирования также доказывают существование флюидоподводящего канала в глубинной части Озернинского рудного узла [16]. С учётом наличия молодых датировок интрузивных комплексов напрашивается вывод, что Еравнинская структура представляет собой не провес кровли гранитоидов, а самостоятельный тектонический блок, инъецированный более молодыми магматическими образованиями.

Основная часть Озернинского рудного узла сложена стратифицированными терригенно-карбонатно-вулканогенными образованиями палеозойского возраста, прорванными многочисленными интрузивными (гранитоиды, сиениты) и субвулканическими породами (долериты, диоритовые порфириды, сиенит-порфиры и др.) [5]. Временные интервалы вещественных комплексов, развитых в Озернинском рудном узле, варьируют в пределах 530–270 млн лет. Результаты исследований детритовых цирконов, среди которых установлены докембрийские, свидетельствуют о присутствии в пределах узла докембрийских пород, выходы которых пока не установлены, но известны в окружающих Еравнинскую структуру террейнах [17, 24, 25].

В структурном отношении Озернинский останец имеет блоковое строение и в общем виде представляет собой пологую моноклираль, осложнённую синклиральными и антиклиральными структурами [14]. Осевую часть Озернинской структуры занимает Центральный прогиб, шириной до 6 км, осложнённый локальными впадинами, в которых локализируются тела сульфидных и сидеритовых

руд. Железооксидные месторождения группируются преимущественно северо-западнее и юго-восточнее Центрального прогиба. Локальные впадины характеризуются положительными (в гравитационном поле) и повышенными (в магнитном поле) параметрами, что обусловлено повышенной мощностью вулканогенно-осадочных толщ. Разрывные нарушения, развитые в пределах рудного узла, имеют преимущественно северо-западное, северо-восточное, субмеридиональное простирание и фиксируются зонами низких сопротивлений. Однако складчатые структуры в геофизических полях не отражаются, а выделяются, согласно объёмной геофизической модели, три крупных блока: опущенные Юго-Западный (Озернинский) и Северо-Восточный (Ульзутуйский) и приподнятый (Назаровский) [20]. Отмечается общее погружение вулканогенно-осадочных толщ от бортов к центру Озернинского останца по серии субвертикальных сбросов. Таким образом, можно констатировать, что противоречия во взглядах на строение Озернинского рудного узла отмечаются уже при изучении его структурно-тектонического строения.

Дискуссионны и вопросы стратиграфии Озернинского рудного узла. По данным геологоразведочных работ [27] и более поздних (в рамках ГДП-200 [22]), также работ ряда исследователей [7, 14], все рудные месторождения Озернинского полиметаллического узла приурочены к карбонатно-терригенно-вулканогенным отложениям олдындинской свиты.

Согласно схеме стратиграфии, выработанной при геологоразведочных работах, в составе олдындинской свиты выделены две подсвиты [22, 28 и др.]. Нижняя подсвита включает 2 пачки – северную и гурвунурскую. Северная пачка, мощностью не менее 580 м, прослеживается в северо-западной и северной частях рудного узла. Сложена туфами и лавами эффузивов кислого, реже среднего составов, кремнистыми и углистыми туффитами, переслаивающимися с пелитоморфными известняками и известняковыми гравелитами. Гурвунурская пачка (мощность 520 м) представлена туфами и лавами кислого состава, переслаивающимися туффитами, углистыми туффитами, известняками, туфами. Верхняя подсвита включает также две пачки. Сухореченская пачка (мощность около 500 м) сложена туфами и лавами кислого и среднего составов, известковистыми алевритами, алевритистыми известняками, доломитами.

Озерная пачка имеет мощность около 630 м и является вмещающей для руд Озерного свинцово-цинкового месторождения. Нижняя часть озерной пачки (120–160 м) сложена туфами и лавами среднего и кислого составов, а верхняя (200–250 м) – туфами, известковистыми и кремнистыми, нередко углистыми мелкообломочными туффитами, серыми слоистыми и массивными известняками, рифогенными известняками с остатками археоциат и водорослей, известняковыми брекчиями и гравелитами с туфогенно-карбонатным цементом.

В результате исследований последних лет в Еравнинской зоне, включающей Озернинский рудный узел, кроме нижнепалеозойских, установлены средне- и верхнепалеозойские образования [4, 18, 24, 25]. В её пределах локализованы каледонский ($C-O_2$), раннегерцинский (S_2-C_1) и позднегерцинский структурно-формационные комплексы, находящиеся в сложных структурных соотношениях.

Каледонский комплекс представлен дифференцированными вулканитами, ассоциирующими с известняками олдындинской свиты, и субвулканическими телами олдындинского комплекса. В составе олдындинской свиты (мощность от 250 до 1600 м) выделены две подсвиты. Нижняя подсвита представлена биогермными известняками и туфово-тефроидной толщей дацитов и андезитов с прослоями грубых вулканомиктов. Видовой состав археоциат, трилобитов и водорослей соответствует атдабанскому–тойонскому ярусам нижнего кембрия [35 и др.]. Возраст вулканитов – 529–530,8 млн лет, что соответствует нижнему кембрию. Верхняя подсвита сложена вулканитами андезит-дацит-риолитового ряда, смешанными с вулканомиктами. Известняки здесь практически полностью отсутствуют. U-Pb возраст вулканитов определен в 517–466 млн лет и соответствует тойонскому веку раннего кембрия–среднему ордовику [4, 25]. В составе раннегерцинского комплекса (S_2-C_1) рассматриваются карбонатно-терригенная озернинская ($S_2?-D_3f$), терригенно-туфогенная кыджимитская (D_3fm-C_1t) и туфогенно-карбонатно-терригенная ульзутуйская ($C1v-s$) толщи, выделенные из состава олдындинской свиты [18, 25]. Озернинская толща является основанием разреза среднепалеозойского комплекса и несогласно с базальными конгломератами залегает на нижнепалеозойских известняках и вулканитах олдындинской свиты.

Позднегерцинский комплекс (C_2-P_2) представлен вулканитами среднего и основного составов

сурхобтинской толщи (C_{2-3}) и кислого состава тамирской свиты (P_2) [4, 5, 25]. Верхнепалеозойские вулканиты образуют единую ассоциацию с гранитами зазинского комплекса, являясь составной частью трансрегионального Селенгино-Витимского вулканоплутонического пояса [36].

На Государственной геологической карте масштаба 1:200 000 второго поколения (ГГК-200/2) выделены нижнекембрийская олдындинская свита, верхнедевонская исташинская и верхнедевонско-нижнекаменноугольная химгильдинская свиты, считавшиеся ранее нижнепалеозойскими [22]. Объёмы свит пересмотрены, в состав исташинской и химгильдинской свит включены отложения, выделенные из олдындинской свиты в пределах Озернинского рудного узла.

Как видно из рис. 1, единая рудовмещающая олдындинская свита разделена на разновозрастные толщи лишь в пределах участка, занимающего чуть больше трети площади Озернинского узла, на водоразделе рек Ульзутуй–Сурхобт, что связано со степенью детальности изучения отложений. Следует отметить, что к настоящему времени получены новые данные о раннекаменноугольном возрасте (мшанки, водоросли, миоспоры) озёрной пачки рудоносной толщи Озерного месторождения [17]. Состав, строение и возраст изученной части разреза озёрной пачки позволяют сопоставить её с кыджимитской и ульзутуйской толщами, распространёнными на участке Ульзутуй–Сурхобт. Дальнейшие исследования позволят уточнить строение рудовмещающей толщи на всей площади рудного узла.

В таблице приведены опубликованные к настоящему времени данные по возрасту магматических образований и руд Озернинского рудного узла. Общий интервал изотопных датировок охватывает интервал 529–200 млн лет. Причём в ряде случаев породы, относящиеся к одной и той же (олдындинской) свите, показывают значительные вариации значений возраста – более 500, 466 и около 300 млн лет. Это косвенно подтверждает тот факт, что ранее в состав олдындинской свиты были включены разновозрастные образования. Имеющиеся две датировки гранитоидов попадают в интервал 287,1–303,8 млн лет и отвечают возрасту гранитоидов зазинского комплекса, входящих в состав Ангаро-Витимского батолита [34]. При этом наблюдаемое разнообразие генетических типов рудной минерализации в пределах Озернинского рудного узла, а также имеющиеся

значения возраста апатита и браннерита свидетельствуют о полиэтапности периодов рудообразования, связь которых с определёнными эндогенными процессами не выявлена. Например, имеющаяся датировка апатит-магнетитовых руд по апатиту (422 ± 20 млн лет) не соответствует известным возрастам магматических пород, присутствующих в рассматриваемом районе.

В целом можно отметить, что существующие геохронологические данные по возрасту пород

и руд Озернинского рудного узла немногочисленны и противоречивы, следовательно, делать выводы о возрастных этапах магматизма и рудообразования в настоящее время затруднительно.

Типы рудной минерализации Озернинского рудного узла. Главным промышленным объектом рудного узла является крупнейшее в России по запасам цинка, одно из крупнейших по свинцу, а также ряду других компонентов (Cd, In, Ag и др.) Озерное колчеданно-полиметаллическое месторождение.

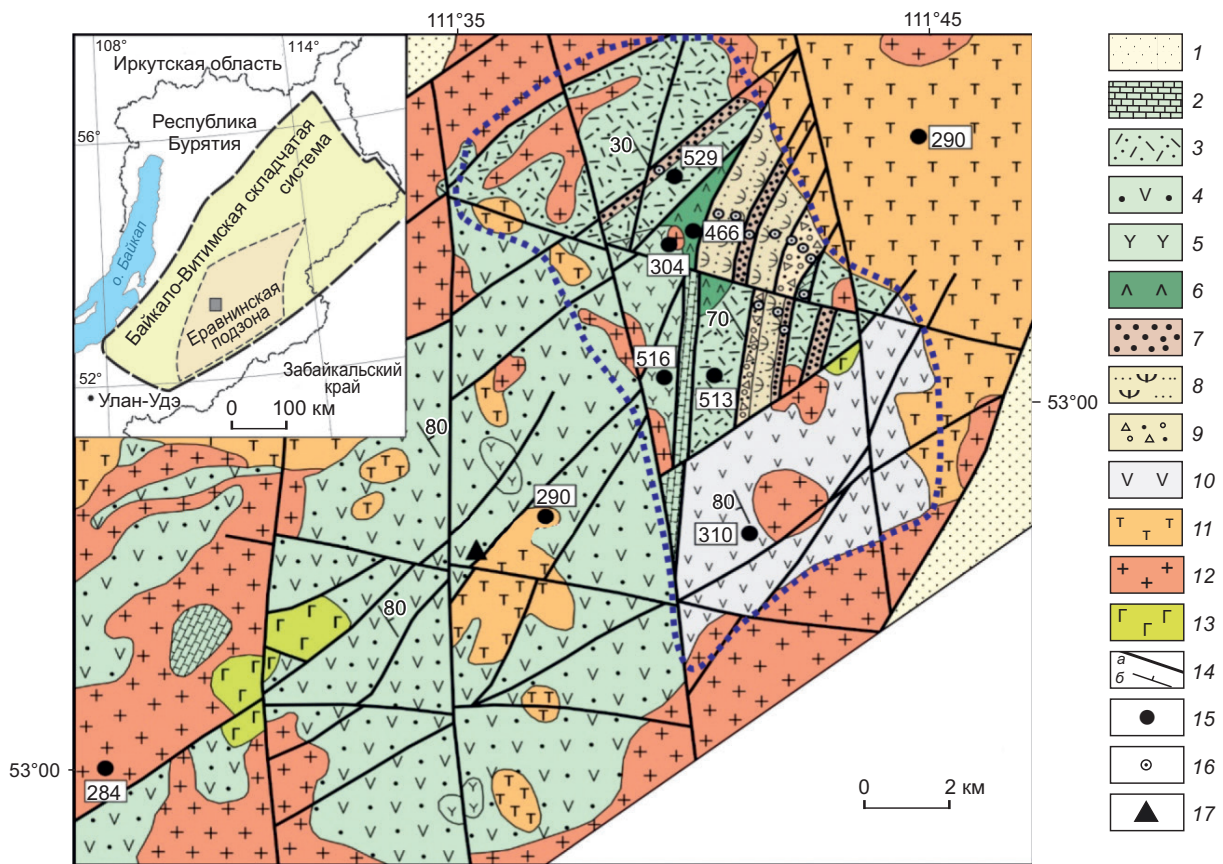


Рис. 1. Схема геологического строения Еравнинской вулкано-тектонической структуры (Озернинский рудный узел). По [17], с дополнением:

1 – мезо-кайнозойские отложения впадин; 2–4 – островодужный комплекс – олдындинская свита ($\epsilon_1 O_2 ol$): 2 – терригенно-карбонатная толща, 3 – риолитовая толща, 4 – андезит-дацитовая толща; 5 – олдындинский субвулканический комплекс ($\pi \epsilon_1 ol$); 6 – андезитовая толща (O_2); 7–10 – комплекс верхнепалеозойских отложений: 7 – озернинская карбонатно-терригенная толща ($S_2^? - D_3 f$), 8 – кыджимитская терригенно-туфогенная толща ($D_3 fm - C_1 t$), 9 – ульзугуйская туфогенно-карбонатно-терригенная толща ($C_1 v - s$), 10 – сурхобтинская андезитобазальтовая толща (C_{2-3}); 11–13 – магматические комплексы верхнего палеозоя: 11 – вулканогенный игнимбрит-риолитовый комплекс, 12 – граносиенитовый комплекс, 13 – габброидный комплекс; 14 – разрывные нарушения (a), элементы залегания слоистости (б); 15 – места отбора проб из магматических пород и их U-Pb и Ar-Ar изотопный возраст (млн лет); 16 – места находок фауны и флоры; 17 – местоположение опорной скважины № 32; синим пунктиром выделен участок детальных исследований

Данные по изотопному возрасту магматических пород и руд Озернинского рудного узла

Объект	Метод датирования	Возраст, млн лет	Источник
Олдындинская свита, кислые вулканокластиты, риодациты	U-Pb по циркону (SHRIMP-II) U-Pb по циркону (LA-ICP-MS)	529–516 301 ± 2,3	[4, 17]
Озерный комплекс, гранит-порфиры, кварцевые порфиры	U-Pb по циркону (SHRIMP-II)	513–517	[25]
Олдындинская свита, андезитовый порфирит, андезитовый порфирит	U-Pb по циркону (SHRIMP-II) ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	466 ± 4,8 310	[4, 24],
Монцониты	U-Pb по циркону (SHRIMP-II)	303,8 ± 6,2	[22]
Озерное месторождение, дайка фельзит-порфиров	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	290	[4]
Месторождение Солонго, лейкогранит	U-Pb по циркону (LA-ICP-MS)	287,1 ± 4,2	[11]
Месторождение Северный Гурвунур, апатит-магнетитовая руда	U-Pb по апатиту	422 ± 20	[23]
Золото-урановые самородки	U-Th-Pb по браннериту	200–235	[9]

Кроме него здесь известны ещё около 20 месторождений и большое число рудопроявлений, однако не все они являются собственно свинцово-цинковыми [5]. К Pb-Zn относится также ближайший аналог Озерного – Ульзутуйское месторождение. Руды этих месторождений стратиформные, имеют массивные, слоисто-полосчатые и брекчиевые текстуры, часто подвержены перекристаллизации и динамометаморфическим изменениям. Встречаются также секущие и послонные кварц-сульфидные жилы, линзы и прожилки. Главные минералы руд – пирит, сфалерит и галенит, в небольших количествах присутствуют арсенопирит, пирротин и др.

Золотополиметаллические месторождения Назаровское и Светкинское, кроме имеющего основной промышленный интерес золота, содержат также запасы свинца и цинка. Считается, что первичные гидротермально-осадочные полиметаллические руды подверглись эпигенетическим изменениям (скарнированию и др.), что привело к их повышенной золотоносности [13]. Действительно, в пределах месторождения широко развиты скарны, содержащие тела магнетит-полиметаллических руд. Редко встречаются кварцевые жилы и зоны вкрапленной сульфидизации в скарнированных породах. Однако связь процессов скарнообразования и формирования золоторудной минерализации достоверно не установлена.

Остальные объекты рудного узла представлены железокислыми залежами (магнетитовыми, часто с примесью гематита) (Туркульское, Звездное

и др.), которые в ряде случаев содержат попутные полезные компоненты – бор (месторождение Солонго), фосфор и РЗЭ (месторождения Гурвунурское и Северо-Гурвунурское), марганец (месторождение Октябрьское), золото (Южно-Магнетитовое месторождение), медь и барит (Гундуйское, Аришинское). Кроме того, известны мелкие проявления вольфрам-молибденовой минерализации.

Относительно недавно установленный тип оруденения – россыпной золото-урановый – выявлен в пределах Озернинского рудного узла в виде золото-браннеритовых самородков, детально описанных в работах [9, 19]. Самородки сложены преимущественно браннеритом (UTi_2O_6) и самородным золотом, количество которого достигает 15 об.%. В виде микровключений присутствует значительное количество других минералов: уранинит, гематит, рутил, кварц, халькопирит, сидерит, теллуриды Au, Ag, Bi, Pb и др. Возраст урановых минералов, полученный химическим U-Th-Pb датированием, – 200–235 млн лет [9]. Коренные источники золото-урановых руд пока не установлены.

В целом месторождения и рудопроявления Озернинского рудного узла можно отнести к следующим рудным формациям: колчеданно-полиметаллической, известковых и магнезиальных скарнов, вольфрам-молибденовой грейзеновой, редкоземельно-apatит-магнетитовой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-урановой [5, 9]. Наряду с коренными месторождениями в пределах Озернинского

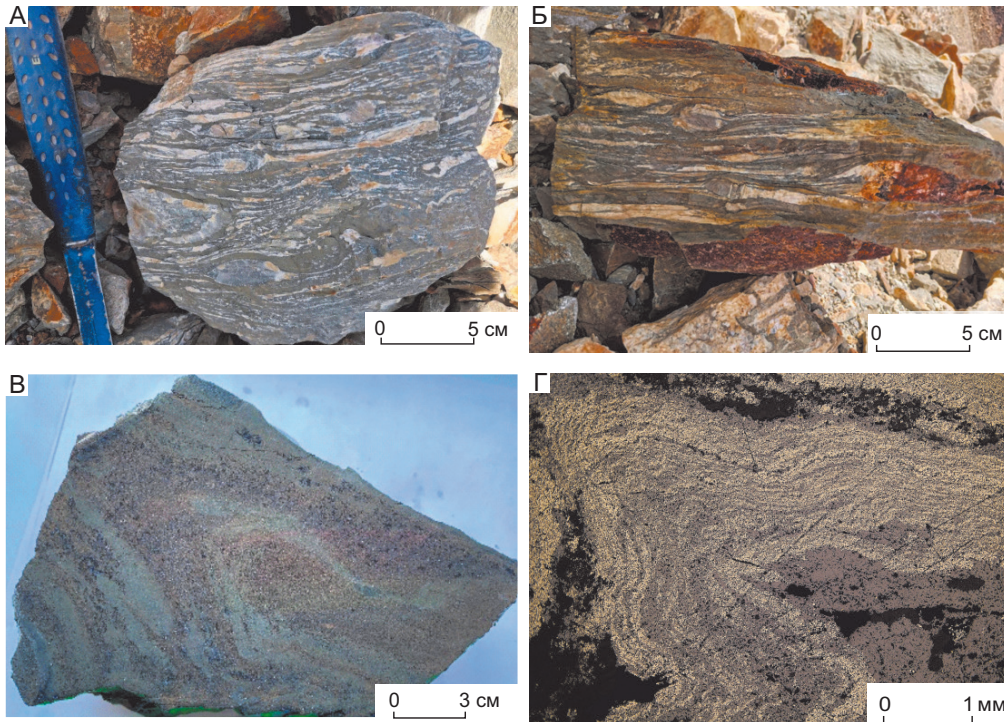


Рис. 2. Будинирование и пластические деформации богатых и рядовых руд Озерного месторождения:

А, Б – признаки тектонического течения и будинажа в брекчиевых рудах; складчатые деформации в образцах перекристаллизованных слоисто-полосчатых руд; В – в образце и Г – аншлифе

рудного узла широко распространены золотоносные россыпи и золотоносные коры выветривания. Кроме золота в экзогенных образованиях встречаются проявления самородной меди, а железомарганцевые оксидные руды «железной шляпы» Октябрьского месторождения составляют основную часть его запасов.

Неоднозначные морфологические признаки в рудах Озерного свинцово-цинкового месторождения. По данным разведочных работ, Озерное свинцово-цинковое месторождение приурочено к одноимённой синклиальной структуре, выполненной карбонатно-терригенно-вулканогенными отложениями [14, 27, 28]. Рудные тела представляют собой пластовые залежи сульфидных и сидеритовых руд мощностью от 1 до 30–50 м, ритмично чередующиеся с вмещающими породами. Главные текстурные типы сульфидных руд Озерного месторождения – массивные, слоисто-полосчатые и брекчиевые. Главные рудные минералы – пирит, сфалерит и галенит; второстепенные – магнетит, гематит, халькопирит, марказит, блёклая руда и арсенипирит.

Генезис оруденения до сих пор остаётся предметом дискуссий. Основная точка зрения на происхождение крупнейшего Озерного месторождения – гидротермально-осадочная [7, 14, 28, 27]. Согласно этой точке зрения, накопление рудонной толщи объясняется совокупностью процессов вулканизма, седиментации и гидротермально-осадочного рудоотложения в кембрийское время. Существуют и альтернативные – гидротермально-метасоматическая [29, 32, 33], плутоногенно-гидротермальная [22], динамометаморфическая (А. В. Татаринов, неопубликованные данные). Более подробно возможные генетические модели происхождения Озерного месторождения обсуждаются в работе [3].

Текстурно-структурные признаки руд свидетельствуют в пользу их гидротермально-осадочного происхождения [8], однако в рудах наблюдаются участки перекристаллизованных и деформированных руд. Причём будинирование, расщепление и пластические деформации минералов и минеральных агрегатов отмечаются как в макро-, так и в микротекстурах руд (рис. 2).

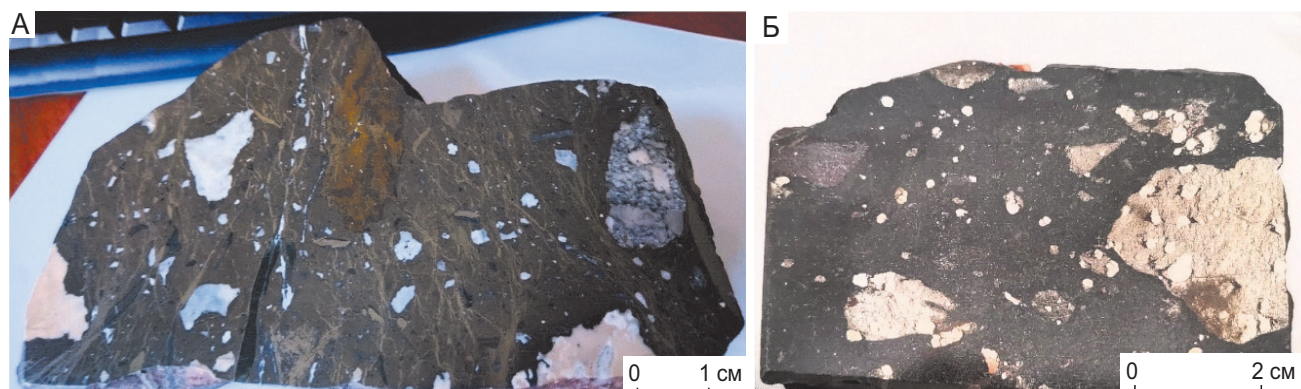


Рис. 3. Разновидности брекчиевидных руд:

А – рудная брекчия с обломками карбонатных пород; Б – обломковидные сульфидные агрегаты развиты по базитовой дайке, образуя брекчиевидную текстуру (обр. Д. И. Царева)

Брекчиевые руды несут преимущественно нерудные обломки карбонатных пород, яшм, сидеритов и др., сцементированные рудным агрегатом, который сложен сульфидными минералами с примесью карбонатов, содержащих редкие выделения кварца, хлорита и др. (рис. 3, А). Однако на месторождении известны брекчиевидные руды, где обломковидные сульфидные скопления включены в нерудную матрицу (см. рис. 3, Б). Поскольку такие руды развиваются по базитовым дайкам, то их метасоматическая природа очевидна.

Наряду с перекристаллизованными рудами широко развиты прожилки карбонат-кварц-сульфидного состава с разными соотношениями рудных и нерудных минералов, вплоть до существенно сульфидных (галенит-сфалеритовых, с подчинёнными пиритом и халькопиритом) жил и прожилков с небольшим количеством жильных минералов (рис. 4). Причём прожилки могут быть как секущими, так и послойными.

В ряде случаев наблюдаются явно эпигенетические послойные сульфидные прожилки, согласные

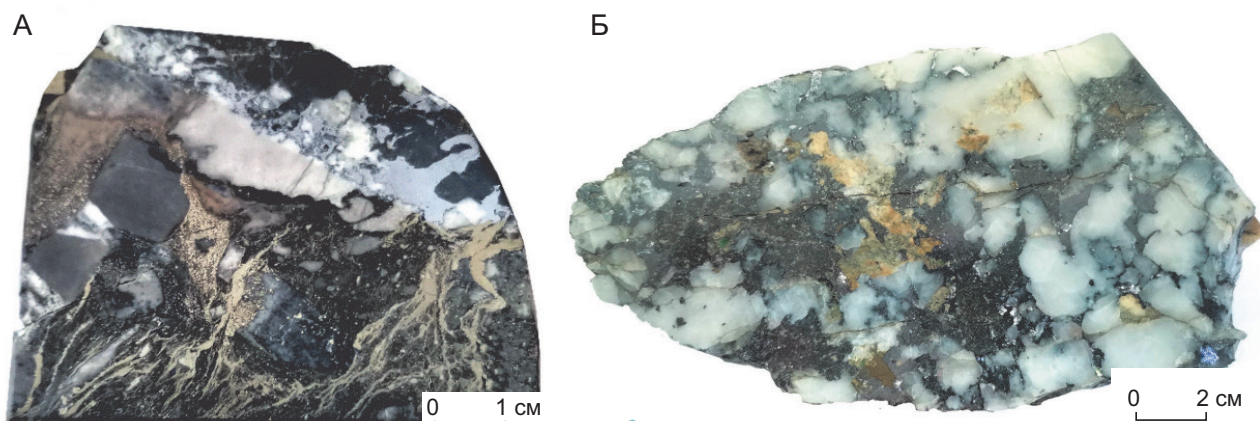


Рис. 4. Образцы кварц-сульфидных жил:

А – секущий существенно сульфидный (галенит + сфалерит) прожилок; Б – гнездовое распределение сульфидных минералов в кварц-сульфидной жиле

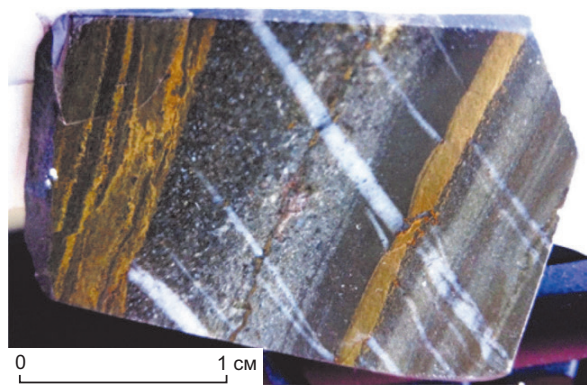


Рис. 5. Согласно с напластованием сульфидные «прослой» секут постседиментационные кварцевые прожилки (обр. Д. И. Царева)

с напластованием вмещающей вулканогенно-терригенной породы (туфопесчаника). Как видно на рис. 5, постседиментационные кварцевые прожилки секут согласными с напластованием сульфидными «прослоями». Такие «прослой» явно эпигенетические, однако в случае отсутствия кварцевых прожилков выглядели бы как сингенетичные слоисто-полосчатые руды. Объём таких субсогласных эпигенетических сульфидных «прослоев» в пределах месторождения неизвестен, поскольку при отсутствии рассекаемых кварцевых прожилков определить сингенетичность-эпигенетичность сульфидных прослоев невозможно. Следовательно, по крайней мере, часть слоисто-полосчатых руд может быть не связана с осадочным процессом.

Оруденение Озерного месторождения, согласно преобладающей точке зрения, обусловлено гидротермально-осадочным рудогенезом колчеданного типа в связи с кембрийским вулканизмом. Это подразумевает, что рудоносными прежде всего должны быть вулканогенно-осадочные породы. Однако наши петрографические наблюдения показывают, что сульфидные минералы в первичных слоисто-полосчатых, массивных и брекчиевых рудах ассоциируют с карбонатными минералами. В частности, межзерновые пространства во всех морфологических типах руд заполнены карбонатами (рис. 6, А–В), иногда с небольшой примесью кварца, редко могут присутствовать и зёрна других минералов – хлорита, мусковита. Эффузивные же породы либо не содержат рудных минералов, либо сульфиды приурочены к участ-

кам вторичной карбонатизации и хлоритизации (см. рис. 6, Г–Е).

Представленные многочисленные свидетельства эпигенетических преобразований, а также неоднозначные морфологические признаки руд свидетельствуют о сложной, скорее всего, полихронной истории происхождения Озерного полиметаллического месторождения. При этом следует отметить, что реальные масштабы развития полиметаллических сульфидных руд метасоматического происхождения неясны, поскольку зачастую морфологические признаки гидротермально-осадочных и метасоматических руд конвергентны.

Проблемы происхождения железоксидных и других типов руд в Озернинском рудном узле. Магнетит и гематит в разных количествах развиты почти на всех месторождениях Озернинского узла. Железоксидные руды гематит-магнетитового (в разных соотношениях) состава – первый тип оруденения, который был обнаружен в этом районе. Помимо самостоятельных объектов, руды такого состава изредка слагают пластовые залежи грубослоистого строения, а также участвуют в составе слоисто-полосчатых магнетит-сульфидных руд на Озерном месторождении. Тела сплошных и вкрапленных магнетитовых (с примесью гематита) руд присутствуют на Назаровском, Южно-Магнетитовом, Гундуйском, Аришинском, Туркульском, Ульзутуйском месторождениях. Все перечисленные месторождения комплексные: Назаровское, Южно-Магнетитовое – золотополиметаллические, Ульзутуйское и Аришинское – железо-свинцово-цинковые, Гундуйское и Туркульское – медно-баритовые. Магнетитовые руды в данном случае присутствуют как попутные. Месторождения, содержащие магнетитовые руды как главный компонент, также содержат в промышленных концентрациях попутные полезные ископаемые: апатит с РЗЭ – месторождения Гурвунурское, Северо-Гурвунурское, бор – месторождение Солонго. Минеральный состав и изотопные характеристики руд этих двух типов относительно хорошо изучены [11, 23, 31]. Предполагается, что апатит-магнетитовые руды относятся к типу Кируна [37] и представляют собой магматические образования, что обосновывается данными по изотопному составу руд и рассчитанными *P-T* параметрами минералообразования [23].

Происхождение борных руд связывается с постмагматическими гидротермальными процессами, но магматический источник не определён [11].

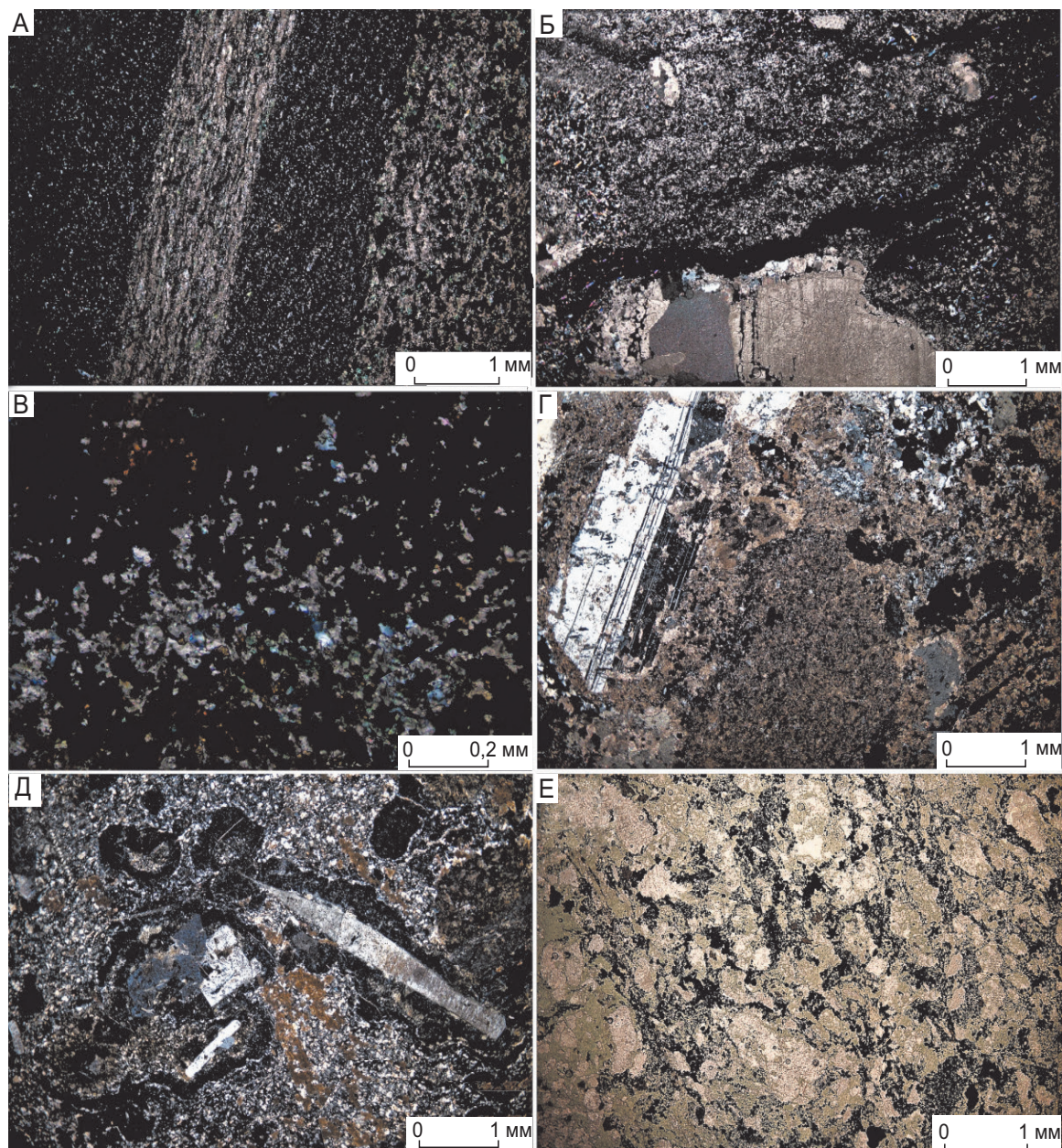


Рис. 6. Фотографии шлифов руд и эффузивов:

А – полосчатая руда, полосы различаются по содержаниям сульфидов и карбонатов, заполняющих межзерновые пространства сульфидов; Б – брекчиевая руда, обломки карбонатного состава сцементированы агрегатом карбонатно-сульфидного состава, отмечаются также редкие пластинки мусковита с яркими интерференционными окрасками; В – массивная руда, межзерновые пространства сульфидов заполнены карбонатом с небольшой примесью кварца; Г – кислый эффузив порфировой структуры, карбонатизированный, сульфидная минерализация развита только в агрегате новообразованного карбоната; Д – эффузивная порода порфирового облика слабо карбонатизирована, не содержит сульфидов; Е – кварц-карбонат-хлоритовый туфопесчаник, рудная минерализация приурочена к хлоритовому агрегату; А–Д – николи скрещены, Е – в одном николе

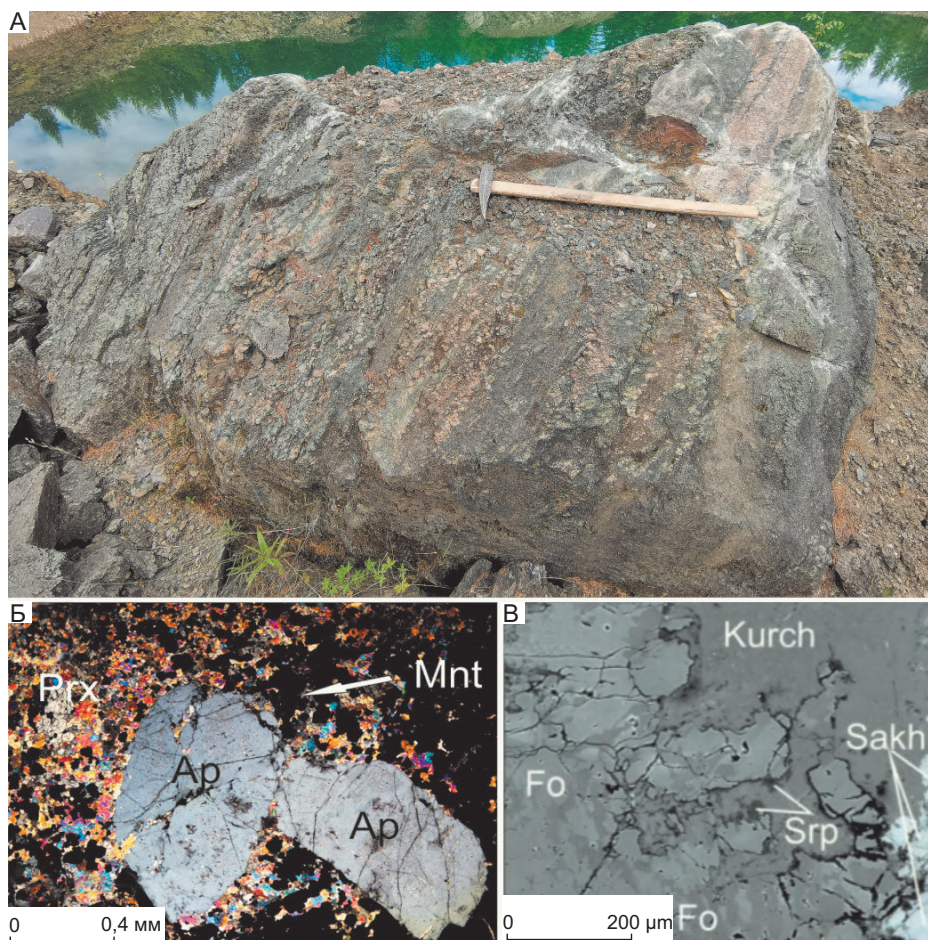


Рис. 7. Скарны на месторождениях Озернинского рудного узла:

А – глыба полосчатых скарнов на Назаровском золотополиметаллическом месторождении; Б – фотография шлифа руды месторождения Гурвунурское, агрегат диопсида (Prx) и магнетита (Mnt) содержит кристаллы апатита (Ap) (николи скрещены); В – ассоциация борных минералов, курчатовита – $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Mn}^{2+})[\text{B}_2\text{O}_5]$ (Kurch) и сахаита – $\text{Ca}_{12}\text{Mg}_4[\text{Cl}(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_4(\text{BO}_3)_7]$ (Sakh) с минералами магнезиальных скарнов – форстеритом (Fo) и серпентином (Srp) в рудах месторождения Солонго (изображение в обратно-рассеянных электронах)

По данным [14], происхождение железоксидных руд в Озернинском рудном узле связывается с двумя этапами: 1) гидротермально-осадочным накоплением оксидов железа в составе полиметаллических руд и 2) дальнейшей регенерацией вещества рудоносных толщ (и первичных руд) с образованием магнетитовых тел под действием гидротермально-метасоматических процессов (скарнирование, кремнещелочной метасоматоз и др.). Однако подробной расшифровки этих процессов в цитируемой работе не приводится.

Наши наблюдения показали, что разные по составу скарны развиты практически на всех месторождениях Озернинского рудного узла, содержа-

щих тела железоксидных руд (рис. 7), за исключением Озерного месторождения, где какая-либо связь железоксидных руд со скарнами не отмечается.

В большинстве случаев процессы скарнирования наследуются другими гидротермальными процессами, приведшими со снижением температуры к формированию кварцевых жил, метасоматитов березит-лиственитовой формации и аргиллизитов. Известно, что преимущественное формирование магнезиальных или известковых скарнов обусловлено различиями в составе исходных карбонатных толщ (доломиты и известняки, соответственно). В Озернинском рудном узле карбонатные

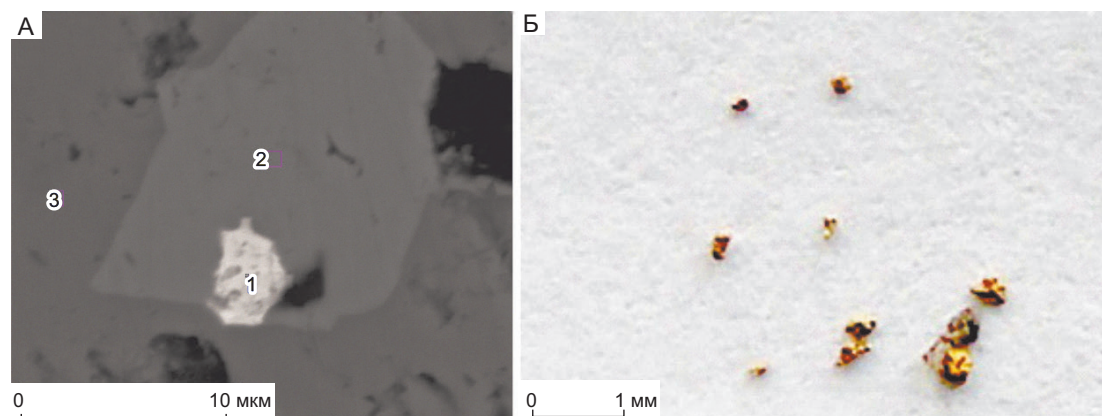


Рис. 8. Морфология выделения теллуридов и самородного золота:

А – включение гессита (AgTe_2) (1) в борните (2) и халькопирите (3) (Южно-Магнетитовое месторождение); Б – «шлиховое» самородное золото из зоны окисления Озерного месторождения [30]

породы состоят из карбонатов Ca, Mg, Fe, Mn в разных соотношениях, что отмечалось предшественниками [15] и подтверждается нашими исследованиями. Такое разнообразие исходных карбонатных толщ приводит к формированию скарнов разного состава, а присутствие прослоев, обогащённых фосфором и бором, вероятно, способствовало образованию скарно-магнетитовых руд, содержащих апатит и борную минерализацию. Следует отметить, что изотопные отношения в скарных минералах могут иметь значения, характерные для магматогенных образований, которые и были определены ранее проведёнными изотопно-геохимическими исследованиями [10, 23].

Медно-баритовые руды развиты на Гундуйском и Туркульском месторождениях. Рудные тела имеют линзовидную форму, длиной до 200–400 м, мощностью от первых метров до 20–30 м и приурочены преимущественно к зонам расланцевания (разломам) в толще осадочно-вулканогенных пород (туфы, плагиориолит-порфиры и др.), содержащей также редкие дайки долеритовых и диоритовых порфиритов, сиенит-порфиритов. Главные минералы руд – барит, халькопирит, пирит, магнетит, гематит. Морфологические характеристики и особенности залегания рудных тел свидетельствуют об их гидротермально-метасоматическом происхождении, однако источник метасоматирующих растворов достоверно не установлен. Предполагается, что халькопирит-баритовая минерализация наложена на скарно-магнетитовые руды

[14]. Однако более подробные сведения о генезисе этого типа руд отсутствуют.

Золоторудная минерализация в Озернинском рудном узле установлена на Назаровском и Южно-Магнетитовом месторождениях. Золотоносными являются как скарно-полиметаллические руды, так и поздние секущие кварцевые жилы и прожилки [13]. Указанные месторождения характеризуются наличием нескольких типов оруденения:

1. слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды (реликты);
2. скарно-полиметаллические, с золотом (?) и магнетитом;
3. кварц-железooksидные (магнетит + гематит);
4. кварц-сульфидные (с золотом, теллуридами, сульфосолями);
5. золотоносные коры выветривания (окисленные руды).

При этом месторождения характеризуются достаточно сложным минеральным составом, где наряду с магнетитом, гематитом и главными сульфидными – пиритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом – присутствуют такие минералы, как самородное золото, борнит, арсенопирит, сульфоарсениды Co и Fe – аллоклазит-глаукокодот, гессит, самородный теллур, акантит, ютенбогардтит и др. (рис. 8, А), в том числе обнаружен сульфовисмутид Ag и Pb – густавит [26].

Очевидно, что формирование такого разнотипного комплексного золотополиметаллического оруденения полихронно и связано с несколькими

этапами эпигенетических преобразований первичных гидротермально-осадочных полиметаллических руд и (или) обогащённых рудными компонентами пород. Скарновый этап обусловлен проявлением магматизма, однако появление относительно поздних кварцевых жил, содержащих в том числе теллуридную минерализацию (Южно-Магнетитовое месторождение), также может быть связано с поступлением магматогенных флюидов из постскарновых магматических источников. Недостаток данных по возрасту магматических образований не позволяет обсуждать этапы магматизма.

Следует отметить, что россыпные месторождения золота и золотоносные коры выветривания распространены практически на всей площади Озернинского рудного узла, в том числе самородное золото установлено в зоне окисления Озерного месторождения (см. рис. 8, Б). В то же время количество собственно золоторудных месторождений и проявлений ограничено. Такое широкое распространение экзогенных месторождений и проявлений золота позволяет предположить, что золото как попутный компонент присутствует не только в составе золотополиметаллических руд, но и в других типах рудной минерализации. В связи с этим существует необходимость оценки золотоносности разных типов рудной минерализации. К числу возможных коренных источников золота можно отнести и золото-урановые проявления. Золото-браннеритовый тип минерализации развит в пределах Эльконского рудного поля в Центрально-Алданском рудном районе Якутии [1, 12]. Возможно, коренные проявления такого типа присутствуют и в пределах Озернинского рудного узла. Следует добавить, что экзогенные месторождения не ограничиваются только золотом. В зоне окисления барит-сульфидных руд установлены промышленные содержания марганца (Октябрьское месторождение), также присутствуют проявления самородной меди, причём как на медных (Гундуйское месторождение), так и на золотополиметаллических объектах (Светкинское месторождение).

Заключение. Из приведённого обзора следует, что происхождение большого числа типов минерализации в Озернинском рудном узле не могло быть одноактным. Формирование рудного узла, как и в целом Курбино-Еравнинского рудного района, – это результат длительного, многоэтапного проявления магматических и тектоно-метаморфических процессов. Остаётся нерешённым

вопрос о связи оруденения с этапами геодинамического развития и/или с периодами тектоно-магматической активизации региона, поскольку до настоящего времени концепции эволюции Удино-Витимской зоны достаточно противоречивы, и ряд их положений требует дополнительного обоснования. Несмотря на длительный период исследований Озернинского рудного узла, возраст оруденения, характер связи разных типов минерализации, а также происхождение такого разнообразия минеральных и генетических типов руд в пределах одной структуры и их пространственно-временные соотношения остаются предметом дискуссий. Имеющиеся к настоящему времени изотопные датировки пород и руд немногочисленны и их недостаточно для выделения возрастных этапов и стадий рудообразования.

Стратиграфическая принадлежность рудовмещающей толщи также обсуждается (см. дискуссию в работе [17]). В последние годы установлено, что осадочно-вулканогенные отложения, развитые в пределах Озернинского рудного узла, относятся не к единой олдындинской свите, а к трём разновозрастным толщам, распространение которых изучено только в восточной части площади узла. Следовательно, вопрос о том, какая из этих толщ является непосредственно рудовмещающей, до сих пор не решён. Многие признаки указывают на то, что собственно вулканогенные отложения не содержат рудной минерализации, а сульфиды развиваются преимущественно в карбонатных породах, более того, рудная минерализация приурочена к участкам наложенной карбонатизации эффузивов. Есть и другие признаки метасоматического происхождения свинцово-цинковых руд Озерного месторождения, что ставит под сомнение гидротермально-осадочную природу минерализации. С другой стороны, есть многочисленные текстурно-структурные свидетельства осадочного происхождения сульфидных руд [8]. Такое противоречие можно объяснить участием обоих процессов в происхождении руд, но масштабы развития продуктов и роль этих процессов в становлении современного облика месторождения остаются неизвестными до сих пор по причине конвергентности многих морфологических характеристик руд.

Формирование разнообразия железоксидных руд обусловлено процессами скарнирования разных по составу толщ, однако появление постскарновых рудных образований – золотоносных

кварцевых жил и прожилков, зон березитизации и аргиллизации, золото-уранового оруденения – обусловлено влиянием других рудогенерирующих факторов, возможно, постскарновых магматических процессов.

Интервал известных изотопных датировок охватывает период от более чем 500 до 200 млн лет, что свидетельствует о длительной эволюции процессов рудообразования в пределах Озернинского рудного узла. Решение этих вопросов требует

более подробных геохронологических и литолого-стратиграфических исследований, в комплексе с изучением минерального состава руд, их изотопно-геохимических характеристик и физико-химических условий формирования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, грант № 22–17–00106. Биостратиграфические исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 22–27–200141.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойцов В. Е., Верчеба А. А., Пилипенко Г. Н., Жданов А. В.* Металлогеническое районирование Центрально-Алданского рудного района Республики Саха (Якутия) // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2010. – № 5. – С. 23–32.
2. *Васильев И. Л.* Геология Еравнинского рудного поля. – Новосибирск : Наука, 1977. – 126 с.
3. *Викентьев И. В., Дамдинов Б. Б., Минина О. Р., Спирина А. В., Дамдинова Л. Б.* Классификация процессов полиметаллического рудообразования и переходный VMS–SEDEX–MV-тип – пример гигантского Озерного месторождения в Забайкалье, Россия // Геология рудных месторождений. – 2023. – Т. 65, № 3. – С. 201–236.
4. *Гордиенко И. В., Булгатов А. Н., Руженцев С. В., Минина О. Р., Климук В. С., Ветлужских Л. И., Ласточкин Н. И., Ситникова В. С., Ветлужских Т. А.* История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем рифее–палеозое // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 5. – С. 589–614.
5. *Гордиенко И. В., Нефедьев М. А.* Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья: геолого-геофизическое строение, типы рудных месторождений, прогнозная оценка и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. – 2015. – Т. 57, № 2. – С. 114–124.
6. *Гордиенко И. В., Нефедьев М. А., Платов В. С.* Строение, минеральные типы рудных месторождений и перспективы освоения Еравнинского рудного района Западного Забайкалья // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. – 2013. – № 1(42). – С. 7–22.
7. *Дистанов Э. Г.* Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. – Новосибирск : Наука, 1977. – 351 с.
8. *Дистанов Э. Г., Ковалев К. Р.* Текстуры и структуры гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических руд Озерного месторождения. – Новосибирск : Наука, 1975. – 172 с.
9. *Жмодик С. М., Белянин Д. К., Айриянц Е. В., Карманов Н. С., Миронов А. А., Дамдинов Б. Б.* Fe-Ti-Au-U-минерализация Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье, Россия) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2022. – Т. 507, № 2. – С. 236–244.
10. *Избродина С. Ю., Посохов В. Ф.* Изотопный состав кислорода борных минералов из курчатовит-сахитовых руд месторождения Солонго // Науки о Земле и недропользование. – 2022. – Т. 45, № 2. – С. 104–118.
11. *Избродина С. Ю., Хубанов В. Б.* Роль гранитизации в формировании магнезиально-скарнового железоборного месторождения Солонго (Озернинский рудный узел, Республика Бурятия) // Новое в познании процессов рудообразования: сб. тр. X Российской молодежной научно-практической школы с международным участием. – М. : Изд-во ИГЕМ РАН, 2021. – С. 116–119.
12. *Казанский В. И.* Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия) // Геология рудных месторождений. – 2004. – Т. 46, № 3. – С. 195–211.
13. *Ковалев К. Р., Байлина М. В., Акимцев В. А., Аношин Г. Н.* Стратиформные цинково-колчеданные руды и золоторудная минерализация на Назаровском месторождении (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, №10. – С. 963–978.
14. *Ковалев К. Р., Бусленко А. И.* Гидротермально-осадочный рудогенез и полиметаморфизм руд Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье). – Новосибирск : Наука, 1992. – 214 С.
15. *Ковалев К. Р., Рипп Г. С., Дистанов Э. Г., Баулина М. В.* Железисто-магнезиальные карбонаты и вариации изотопов углерода и кислорода на гидротермально-осадочном колчеданно-полиметаллическом месторождении Озерное (Забайкалье) // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46, № 4. – С. 383–397.
16. *Козлов А. В., Печенкин М. М., Савичев А. А., Бамбаев Т. С.* Новые черты глубинного строения Озернинского рудного узла по данным магнитотеллурического зондирования // Записки Горного института. – 2011. – Т. 189. – С. 260–263.

17. Минина О. Р., Гордиенко И. В., Дамдинов Б. Б., Ташлыков В. С., Гонегер Т. А., Скрипников М. С., Ланцева В. С., Хубанов В. Б., Кислов Е. В. Новые данные о возрасте рудовмещающих отложений Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 3. – С. 299–314.
18. Минина О. Р., Доронина Н. А., Некрасов Г. Е., Ветлужских Л. И., Ланцева В. С., Аристов В. А., Наугольных С. В., Куриленко А. В., Ходырева Е. В. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // Геотектоника. – 2016. – № 3. – С. 63–84.
19. Миронов А. Г., Карманов Н. С., Миронов А. А., Ходырева Е. В. Золото-браннеритовые самородки в россыпи Озернинского рудного узла (Бурятия) // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49, № 10. – С. 984–989.
20. Нефедьев М. А. Объемная модель и оценка перспектив Озернинского рудного узла по геофизическим данным (Западное Забайкалье). – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – 184 с.
21. Пономарев В. Г., Лапин Б. Н., Бусленко А. И. Преобразование гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических и железных руд в Еравнинском рудном районе // Геология и генезис редкометалльных и полиметаллических месторождений Сибири / Отв. редактор В. А. Кузнецов. – Новосибирск : Наука, 1978. – С. 74–92.
22. Платов Е. В., Игнатов А. М., Патрахин Е. Г., Большакова Т. В., Минина О. Р., Ланцева В. С. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Баргузино-Витимская. Лист N-49-XXVIII (Гунда). Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 208 с.
23. Рипп Г. С., Ходырева Е. В., Избродин И. А., Рампилов М. О., Ласточкин Е. И., Посохов В. Ф. Генетическая природа апатит-магнетитовых руд Северо-Гурвунурского месторождения (Западное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. – 2017. – Т. 59, № 5. – С. 419–433.
24. Руженцев С. В., Минина О. Р., Аристов В. А., Голионко Б. Г., Ларионов А. Н., Лыхин Д. А., Некрасов Г. Е. Геодинамика Еравнинской зоны (Удино-Витимская складчатая система Забайкалья): геологические и геохронологические данные // Доклады РАН. – 2010. – Т. 434, № 3. – С. 361–364.
25. Руженцев С. В., Минина О. Р., Некрасов Г. Е., Аристов В. А., Голионко Б. Г., Доронина Н. А., Лыхин Д. А. Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция // Геотектоника. – 2012. – № 2. – С. 3–28.
26. Рыжкова Ю. А. Минералогия руд Назаровского цинкового месторождения (Озернинский рудный узел, Бурятия) // Металлогения древних и современных океанов-2020. Критические металлы в рудообразующих системах. – Миасс : ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, 2020. – С. 98–102.
27. Тарасова Р. С., Бабкин И. Н., Близнюк М. В., Филько А. С., Горбунов С. В., Алкалаев Б. К. Озерное колчеданное свинцово-цинковое месторождение. Отчет за 1964–1969 гг. с подсчетом запасов. – Улан-Удэ : Бурят. геол. упр., 1969. – 432 с.
28. Тарасова Р. С., Близнюк М. В., Бабкин И. Н. О формационном типе и генезисе Озерного свинцово-цинкового колчеданного месторождения // Геология и генезис эндогенных рудных формаций Сибири. – Вып. 143. – М. : Наука, 1972. – С. 79–97.
29. Феофилактов Г. А., Царев Д. И., Нефедьев М. А. О роли разрывных нарушений в локализации полиметаллического и других типов оруденения Озернинского рудного узла // Проблемы метасоматизма и рудообразования Забайкалья. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 52–58.
30. Хлыбов В. П. Информационный отчет о результатах первого этапа поисковых работ по изучению золотоносности Озерного месторождения и его кор выветривания за 2005 г. – Иркутск, 2005. – 35 с.
31. Ходырева Е. В., Патрахина А. В., Канакин С. В., Рипп Г. С. Минеральный состав и генетические особенности апатит-магнетитовых руд месторождения Северный Гурвунур (Западное Забайкалье) // Отечественная геология. – 2013. – № 3. – С. 91–98.
32. Царев Д. И. Генезис Озерного колчеданно-цинкового месторождения в Забайкалье // Известия АН СССР. – 1983. – С. 97–107.
33. Царев Д. И., Фирсов А. П. Проблема формирования колчеданных месторождений (на примере Забайкалья). – М. : Наука, 1988. – 144 с.
34. Цыганков А. А., Литвиновский Б. А., Джань Б. М. и др. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 9. – С. 1249–1276.
35. Язмир М. М., Далматов Б. А., Язмир И. К. Атлас фауны и флоры палеозоя и мезозоя Бурятской АССР. Палеозой. – М. : Недра, 1975. – 184 с.
36. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И. Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. – М. : Наука, 1991. – 263 с.
37. Harlov D. E., Andersson U. B., Forster H. J., Nyström J. O., Dulsky P., Broman C. Apatite–monazite relations in the Kiirunavaara magnetite–apatite ore, northern Sweden // Chemical Geology. – 2002. – V. 191. – P. 47–72.

REFERENCES

1. *Boytsov V. Ye., Vercheba A. A., Pilipenko G. N., Zhdanov A. V.* Metallogenicheskoye rayonirovaniye Tsentral'no-Aldanskogo rudnogo rayona Respubliki Sakha (Yakutiya) [Metallogenic zoning of the Central Aldan ore region of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Izv. VUZov. Geologiya i razvedka*, 2010, No. 5, pp. 23–32. (In Russ.)
2. *Vasil'yev I. L.* Geologiya Yeravninskogo rudnogo polya [Geology of the Eravna ore field], Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 126 p. (In Russ.)
3. *Vikent'yev I. V., Damdinov B. B., Minina O. R., Spirina A. V., Damdinova L. B.* Klassifikatsiya protsessov polimetallicheskogo rudoobrazovaniya i perekhodnyy VMS–SEDEX–MV-tip – primer gigantskogo Ozer-nogo mestorozhdeniya v Zabaykal'ye, Rossiya [Classification of polymetallic ore formation processes and transitional VMS–SEDEX–MV type – an example of a giant Ozer-noye deposit in Transbaikalia, Russia]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2023, V. 65, No. 3, pp. 201–236. (In Russ.)
4. *Gordiyenko I. V., Bulgatov A. N., Ruzhentsev S. V., Minina O. R., Klimuk V. S., Vetluzhskikh L. I., Lastochkin N. I., Sitnikova V. S., Vetluzhskikh T. A.* Istoriya razvitiya Udino-Vitimskoy ostrovoduzhnoy sistemy Zabaykal'skogo sektora Paleoaziatskogo okeana v pozd-nem rifeye–paleozoye [History of development of the Udino-Vitim island-arc system of the Trans-Baikal sector of the Paleo-Asian Ocean in the Late Riphean–Paleozoic]. *Geologiya i geofizika*, 2010, V. 51, No. 5, pp. 589–614. (In Russ.)
5. *Gordiyenko I. V., Nefed'yev M. A.* Kurbino-Yeravnin-skiy rudnyy rayon Zapadnogo Zabaykal'ya: geologo-geofizicheskoye stroeniye, tipy rudnykh mestorozhde-niy, prognoznaya otsenka i perspektivy osvoyeniya [Kurbino-Eravninsky ore region of Western Trans-baikalia: geological and geophysical structure, types of ore deposits, predictive assessment and development prospects]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2015, V. 57, No. 2, pp. 114–124. (In Russ.)
6. *Gordiyenko I. V., Nefed'yev M. A., Platov V. S.* Stro-yeniye, mineral'nyye tipy rudnykh mestorozhdeniy i perspektivy osvoyeniya Yeravninskogo rudnogo rayona Zapadnogo Zabaykal'ya [Structure, mineral types of ore deposits and prospects for the development of the Eravninsky ore region of Western Transbaikalia]. *Iz-vestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle RAYEN*, 2013, No. 1(42), pp. 7–22. (In Russ.)
7. *Distanov E. G.* Kolchedanno-polimetallicheskiye me-storozhdeniya Sibiri [Pyrite-polymetallic deposits of Siberia], Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 351 p. (In Russ.)
8. *Distanov E. G., Kovalev K. R.* Tekstury i struktury gidrotermal'no-osadochnykh kolchedanno-polimetal-licheskikh rud Ozer-nogo mestorozhdeniya [Textures and structures of hydrothermal-sedimentary pyrite-polymetallic ores of the Ozer-noe deposit], Novosibirsk, Nauka publ., 1975, 172 p. (In Russ.)
9. *Zhmodik S. M., Belyanin D. K., Ayriyants Ye. V., Kar-manov N. S., Mironov A. A., Damdinov B. B.* Fe-Ti-Au-U-mineralizatsiya Ozerninskogo rudnogo uzla (Zapad-noye Zabaykal'ye, Rossiya) [Fe-Ti-Au-U-mineraliza-tion of the Ozerninsky ore cluster (Western Transbai-kalia, Russia)]. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Na-uki o Zemle*, 2022, V. 507, No. 2, pp. 236–244. (In Russ.)
10. *Izbrodina S. Yu., Posokhov V. F.* Izotopnyy sostav kis-loroda bornykh mineralov iz kurchatovit-sakhaito-vykh rud mestorozhdeniya Solongo [Oxygen iso-topic composition of boron minerals from kurcha-tovite-sakhaite ores of the Solongo deposit]. *Nauki o Zemle i nedropol'zovaniye*, 2022, V. 45, No. 2, pp. 104–118. (In Russ.)
11. *Izbrodina S. Yu., Khubanov V. B.* Rol' granitizatsii v formirovaniy magnezial'no-skarnovogo zhelezo-bor-nogo mestorozhdeniya Solongo (Ozerninskiy rudnyy uzel, Respublika Buryatiya) [The role of granitization in the formation of the magnesian-skarn iron-boron deposit Solongo (Ozerninsky ore cluster, Republic of Buryatia)]. *Novoye v poznanii protsessov rudoobrazo-vaniya: sb. tr. X Rossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy shkoly s mezhdunarodnym uchastiyem*, Moscow, IGEM RAN publ., 2021, pp. 116–119. (In Russ.)
12. *Kazanskiy V. I.* Unikal'nyy Tsentral'no-Aldanskiy zo-loto-uranovyy rudnyy rayon (Rossiya) [Unique Cen-tral Aldan gold-uranium ore region (Russia)]. *Geo-logiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2004, V. 46, No. 3, pp. 195–211. (In Russ.)
13. *Kovalev K. R., Baylina M. V., Akimtsev V. A., Anoshin G. N.* Stratiformnyye tsinkovo-kolchedannyye rudy i zoloto-rudnaya mineralizatsiya na Nazarovskom mestoro-zhdenii (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Stratiform zinc py-rite ores and gold mineralization at the Nazarovskoye deposit (Western Transbaikalia)]. *Geologiya i geofi-zika*, 2003, V. 44, No.10, pp. 963–978. (In Russ.)
14. *Kovalev K. R., Buslenko A. I.* Hidrotermal'no-osadoch-nyy rudogenez i polimetamorfizm rud Ozerninskogo rudnogo uzla (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Hydrothermal-sedimentary ore genesis and polymetamorphism of ores of the Ozerninsky ore cluster (Western Transbai-kalia)], Novosibirsk, Nauka publ., 1992, 214 pp. (In Russ.)
15. *Kovalev K. R., Ripp G. S., Distanov E. G., Baulina M. V.* Zhelezisto-magnezial'nyye karbonaty i variatsii izo-topov ugleroda i kisloroda na gidrotermal'no-osadoch-nom kolchedanno-polimetallicheskom mestorozhdenii Ozer-noye (Zabaykal'ye) [Iron-magnesian carbonates and variations of carbon and oxygen isotopes at the hydrothermal-sedimentary sulfide-polymetallic depo-sit Ozer-noe (Transbaikalia)]. *Geologiya i geofizika*, 2005, V. 46, No. 4, pp. 383 – 397. (In Russ.)
16. *Kozlov A. V., Pechenkin M. M., Savichev A. A., Bam-bayev T. S.* Novyye cherty glubinnogo stroeniya Ozer-

- ninskogo rudnogo uzla po dannym magnitotelluricheskogo zondirovaniya [New features of the deep structure of the Ozerninsky ore cluster according to magnetotelluric sounding data]. Zapiski Gornogo instituta, 2011, V. 189, pp. 260–263. (In Russ.)
17. *Minina O. R., Gordiyenko I. V., Damdinov B. B., Tashlykov V. S., Gonerger T. A., Skripnikov M. S., Lantseva V. S., Khubanov V. B., Kislov Ye. V.* Novyye dannyye o vozraste rudovmeshchayushchikh otlozheniy Ozer-nogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya (Zapadnoye Zabaykal'ye) [New data on the age of ore-bearing deposits of the Ozernoe polymetallic deposit (Western Transbaikalia)]. *Litologiya i poleznye iskopayemye*, 2023, No. 3, pp. 299–314. (In Russ.)
 18. *Minina O. R., Doronina N. A., Nekrasov G. Ye., Vetluzhskikh L. I., Lantseva V. S., Aristov V. A., Naugol'nykh S. V., Kurilenko A. V., Khodyreva Ye. V.* Ranniye gertsinidy Baykalo-Vitimskoy skladchatoy sistemy (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Early Hercynides of the Baikal-Vitim fold system (Western Transbaikalia)]. *Geotektonika*, 2016, No. 3, pp. 63–84. (In Russ.)
 19. *Mironov A. G., Karmanov N. S., Mironov A. A., Khodyreva Ye. V.* Zoloto-branneritovyie samorodki v rossypi Ozerninskogo rudnogo uzla (Buryatiya) [Gold-brannerite nuggets in the placer of the Ozerninsky ore cluster (Buryatia)]. *Geologiya i geofizika*, 2008, V. 49, No. 10, pp. 984–989. (In Russ.)
 20. *Nefed'yev M. A.* Ob»yemnaya model' i otsenka perspektiv Ozerninskogo rudnogo uzla po geofizicheskim dannym (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Volumetric model and assessment of the prospects of the Ozerninsky ore cluster according to geophysical data (Western Transbaikalia)], Ulan-Ude, BNTS SO RAN publ., 2009, 184 p. (In Russ.)
 21. *Ponomarev V. G., Lapin B. N., Buslenko A. I.* Preobrazovaniye gidrotermal'no-osadochnykh kolchedannopolimetallicheskikh i zheleznykh rud v Yeravninskom rudnom rayone [Transformation of hydrothermal-sedimentary pyrite-polymetallic and iron ores in the Eravninsky ore region]. *Geologiya i genezis redkometal'nykh i polimetallicheskikh mestorozhdeniy Sibiri*, Novosibirsk, Nauka publ., 1978, pp. 74–92. (In Russ.)
 22. *Platov Ye. V., Ignatov A. M., Patrakhin Ye. G., Bol'shakova T. V., Minina O. R., Lantseva V. S.* Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izd. 2-ye. Seriya Barguzino-Vitimskaya. List N-49-XXVIII (Gunda). Ob»yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000. 2nd. Series Barguzino-Vitimskaya. Sheet N-49-XXVIII (Gunda). Explanatory note], St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI publ., 2016, 208 p. (In Russ.)
 23. *Ripp G. S., Khodyreva Ye. V., Izbrodin I. A., Rampilov M. O., Lastochkin Ye. I., Posokhov V. F.* Geneticheskaya priroda apatit-magnetitovykh rud Severo-Gurvnurskogo mestorozhdeniya (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Genetic nature of apatite-magnetite ores of the Severo-Gurvnur deposit (Western Transbaikalia)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2017, V. 59, No. 5, pp. 419–433. (In Russ.)
 24. *Ruzhentsev S. V., Minina O. R., Aristov V. A., Golionko B. G., Larionov A. N., Lykhin D. A., Nekrasov G. Ye.* Geodinamika Yeravninskoy zony (Udino-Vitimskaya skladchataya sistema Zabaykal'ya): geologicheskiye i geokhronologicheskiye dannyye [Geodynamics of the Eravna zone (Udino-Vitim fold system Transbaikalia): geological and geochronological data]. *Doklady RAN*, 2010, V. 434, No. 3, pp. 361–364. (In Russ.)
 25. *Ruzhentsev S. V., Minina O. R., Nekrasov G. Ye., Aristov V. A., Golionko B. G., Doronina N. A., Lykhin D. A.* Baykalo-Vitimskaya skladchataya sistema: stroyeniye i geodinamicheskaya evolyutsiya [Baikal-Vitim fold system: structure and geodynamic evolution]. *Geotektonika Baikal-Vitim fold system: structure and geodynamic evolution*, 2012, No. 2, pp. 3–28. (In Russ.)
 26. *Ryzhkova Yu. A.* Mineralogiya rud Nazarovskogo tsinkovogo mestorozhdeniya (Ozerninskiy rudnyy uzel, Buryatiya) [Mineralogy of ores of the Nazarovsky zinc deposit (Ozerninsky ore cluster, Buryatia)]. *Metallogeniya drevnykh i sovremennykh okeanov-2020. Kriticheskiye metally v rudoobrazuyushchikh sistemakh*, Miass, YUU FNTS MiG UrO RAN publ., 2020, pp. 98–102. (In Russ.)
 27. *Tarasova R. S., Babkin I. N., Bliznyuk M. V., Fil'ko A. S., Gorbunov S. V., Alkalayev B. K.* Ozernoyekolchedannoye svintsovo-tsinkovoye mestorozhdeniye. Otchet za 1964–1969 gg. s podschetom zapasov [Lake sulfide lead-zinc deposit. Report for 1964–1969 with calculation of reserves], Ulan-Ude, Buryat. geol. upr. publ., 1969, 432 p. (In Russ.)
 28. *Tarasova R. S., Bliznyuk M. V., Babkin I. N.* O formatsionnom tipe i genezise Ozernogo svintsovo-tsinkovogo kolchedannogo mestorozhdeniya [On the formational type and genesis of the Ozernoe lead-zinc pyrite deposit]. *Geologiya i genezis endogennykh rudnykh formatsiy Sibiri*, Vyp. 143, M., Nauka, 1972, pp. 79–97. (In Russ.)
 29. *Feofilaktov G. A., Tsarev D. I., Nefed'yev M. A.* O roli razryvnykh narusheniy v lokalizatsii polimetallicheskogo i drugikh tipov orudneniya Ozerninskogo rudnogo uzla [On the role of faults in the localization of polymetallic and other types of mineralization of the Ozerninsky ore cluster]. *Problemy metasomatizma i rudoobrazovaniya Zabaykal'ya*, Novosibirsk, Nauka, 1985, pp. 52–58. (In Russ.)
 30. *Khlybov V. P.* Informatsionnyy otchet o rezul'tatakh pervogo etapa poiskovykh rabot po izucheniyu zolotonosnosti Ozernogo mestorozhdeniya i yego kor vyvetrivaniya za 2005 g [Information report on the results of the first stage of prospecting to study the gold content of the Ozernoye deposit and its weathering crusts in 2005], Irkutsk, 2005, 35 p. (In Russ.)

31. *Khodyreva Ye. V., Patrakhina A. V., Kanakin S. V., Ripp G. S.* Mineral'nyy sostav i geneticheskiye osobennosti apatit-magnetitovykh rud mestorozhdeniya Severnyy Gurvunur (Zapadnoye Zabaykal'ye) [Mineral composition and genetic features of apatite-magnetite ores of the Northern Gurvunur deposit (Western Transbaikalia)]. *Otechestvennaya geologiya*, 2013, No. 3, pp. 91–98. (In Russ.)
32. *Tsarev D. I.* Genezis Ozerogo kolchedanno-tsinkovogo mestorozhdeniya v Zabaykal'ye [Genesis of the Ozerne pyrite-zinc deposit in Transbaikalia]. *Izv. AN SSSR*, 1983, pp. 97–107. (In Russ.)
33. *Tsarev D. I., Firsov A. P.* Problema formirovaniya kolchedannykh mestorozhdeniy (na primere Zabaykal'ya) [The problem of the formation of pyrite deposits (on the example of Transbaikalia)], Moscow, Nauka publ., 1988, 144 p. (In Russ.)
34. *Tsygankov A. A., Litvinovskiy B. A., Dzhan' B. M.* et al. Posledovatel'nost' magmaticheskikh sobytii na pozdne-paleozoyskom etape magmatizma Zabaykal'ya (rezul'taty U-Pb izotopnogo datirovaniya) [Sequence of magmatic events at the Late Paleozoic stage of magmatism in Transbaikalia (results of U-Pb isotope dating)]. *Geologiya i geofizika*, 2010, V. 51, No. 9, pp. 1249–1276. (In Russ.)
35. *Yazmir M. M., Dalmatov B. A., Yazmir I. K.* Atlas fauny i flory paleozoya i mezozoya Buryatskoy ASSR. Paleozoy [Atlas of the fauna and flora of the Paleozoic and Mesozoic of the Buryat ASSR. Paleozoic], Moscow, Nedra publ., 1975, 184 p. (In Russ.)
36. *Yarmolyuk V. V., Kovalenko V. I.* Riftogennyy magmatizm aktivnykh kontinental'nykh okrain i yego rudonosnost' [Riftogenic magmatism of active continental margins and its ore content], Moscow, Nauka, 1991, 263 p. (In Russ.)
37. *Harlov D. E., Andersson U. B., Forster H.-J., Nyström J. O., Dulsky P., Broman C.* Apatite–monazite relations in the Kiirunavaara magnetite–apatite ore, northern Sweden. *Chemical Geology*, 2002, V. 191, P. 47–72.

Статья поступила в редакцию 10.05.23; одобрена после рецензирования 19.05.23; принята к публикации 22.05.23.
The article was submitted 10.05.23; approved after reviewing 19.05.23; accepted for publication 22.05.23.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается.

Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на её опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».

Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или намеченных к публикациям в других изданиях, не допускается.