

И РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



научно-технический журнал

№ 3 август – октябрь 2020

Учредитель

ФГБУ Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов Роснедра Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 01919 от 21 декабря 1992 г.

Решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и 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»

Москва ЦНИГРИ 2020

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Иванов Анатолий Иннокентьевич

главный редактор
доктор геолого-минералогических наук,
научный руководитель ЦНИГРИ

Черных Александр Иванович

заместитель главного редактора
кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор ЦНИГРИ

Жаркова Вера Сергеевна

заместитель главного редактора
заведующая редакционно-оформительским отделом ЦНИГРИ

Вартанян Сергей Серопович

кандидат геолого-минералогических наук,
советник генерального директора ЦНИГРИ

Волчков Алексей Гордеевич

кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий научно-методическим отделением ЦНИГРИ

Голубев Юрий Конкордьевич

кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий отделом алмазов ЦНИГРИ

Горячев Николай Анатольевич

доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН,
главный научный сотрудник Северо-Восточного Комплексного
научно-исследовательского института (СВКНИИ) ДВО РАН

Звездов Вадим Станиславович

кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий отделом металлогении ЦНИГРИ

Кременецкий Александр Александрович

доктор геолого-минералогических наук,
советник генерального директора Института минералогии,
геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ)

Кряжев Сергей Гаврилович

доктор геолого-минералогических наук,
заведующий отделом минералогии
и изотопной геохимии ЦНИГРИ

Кузнецов Владимир Вениаминович

кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий отделом цветных металлов ЦНИГРИ

Наумов Евгений Анатольевич

кандидат геолого-минералогических наук,
заместитель генерального директора по научной работе ЦНИГРИ

Похиленко Николай Петрович

доктор геолого-минералогических наук, академик РАН,
главный научный сотрудник Института геологии и минералогии
им. В. С. Соболева (ИГМ) СО РАН

Проскурнин Василий Фёдорович

доктор геолого-минералогических наук,
заведующий отделом Всероссийского научно-исследовательского
геологического института им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

Седельникова Галина Васильевна

доктор технических наук,
директор геолого-технологического центра АО «Росгео»

Толстов Александр Васильевич

доктор геолого-минералогических наук,
директор Научно-исследовательского
геологического предприятия (НИГП) АК «АЛРОСА» (ПАО)

Фридовский Валерий Юрьевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
директор Института геологии алмаза
и благородных металлов (ИГАБМ) СО РАН



СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

**Гирфанов М. М., Истомин В. А.,
Котельников Е. Е., Третьякова И. Г.,
Васильченко В. Ю., Сагадеева Г. М.**

Состояние и перспективы развития
минерально-сырьевой базы
твёрдых полезных ископаемых
исламской республики Мавритания

04

APPLIED METALLOGENY

**Girfanov M. M., Istomin V. A.,
Kotelnikov E. E., Tretyakova I. G.,
Vasilchenko V. Yu., Sagadeeva G. M.**

The status and development
prospects of the mining mineral
resource base in Mauritania

Глухов А. Н.

К вопросу геолого-генетической типизации
архейских золоторудных месторождений

11

Glukhov A. N.

Genetic classification of archean
lode gold deposits

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Миляев С. А., Самосоров Г. Г.,
Яблокова С. В., Шатилова Л. В.,
Позднякова Н. Н.**

Geochemical features of native gold
as direct signs of ore formation lode
and alluvial gold occurrence types

22

PROGNOSIS, PROSPECTING AND EXPLORATION: TECHNIQUES AND METHODS

**Milyaev S. A., Samosorov G. G.,
Yablokova S. V., Shatilova L. V.,
Pozdnyakova N. N.**

Geochemical features of native gold
as direct signs of ore formation lode
and alluvial gold occurrence types

Мотов А. П., Малах Ю. Е.

Параметры оценки потенциальной
продуктивности участков Вересоборского
массива на коренную платиновую
минерализацию, Средний Урал

32

Motov A. P., Malakh Yu. E.

Estimation parameters of potential
Veresoborsky massif areas productivity
for primary Pt mineralization, Middle Urals



СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Ефанова Л. И., Кузнецов С. К.,
Тарбаев М. Б., Майорова Т. П.**

Золотоносность Манитанырдского района и перспективы наращивания ресурсного потенциала, Полярный Урал

39

GEOLOGY OF ORE DEPOSITS

**Efanova L. I., Kuznetsov S. K.,
Tarbaev M. B., Mayorova T. P.**

Gold potential of Manitanyrdsky area and prospects for resource potential ramp-up, Polar Urals

**Зайцева М. Н., Кузнецов В. В.,
Конкин В. Д., Серавина Т. В.,
Инякин А. В., Богославец Н. Н.,
Хачатуров М. М.**

Обстановки формирования месторождений свинца и цинка Ангаро-Большепитской минерагенической зоны, Енисейский кряж

52

**Zaitseva M. N., Kuznetsov V. V.,
Konkin V. D., Seravina T. V.,
Inyakin A. V., Bogoslavets N. N.,
Khachaturov M. M.**

Lead and zinc deposit formation conditions within Angara-Bolshepitsk mineragenic zone, Yenisei ridge

**Макеев С. М., Муромцев Е. А.,
Макаров В. А., Белоконов Г. В.**
Особенности металлогении свинца и цинка Енисейского кряжа

68

**Makeev S. M., Muromtsev E. A.,
Makarov V. A., Belokonov G. V.**

Features of lead and zinc metallogeny within the Yenisei ridge

ГЕОЛОГИ О ВОЙНЕ

Фрагменты рукописи
Сергея Дмитриевича Шера
«В военные годы»

85

GEOLOGISTS ABOUT THE WAR

Fragments of S. D. Sher
«War years» manuscript

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ

Константиновского А. А.

97

IN MEMORIUM

Konstantinovskij A. A.



СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ИСЛАМСКОЙ РЕСПУБЛИКИ МАВРИТАНИЯ

Приведены краткие сведения о геологическом строении и экономике минерального сырья Мавритании. Рассмотрено состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых этой страны – железных руд, золота, меди и других.

Ключевые слова: Мавритания, Западно-Африканский кратон, минерально-сырьевая база, твёрдые полезные ископаемые, добыча минерального сырья, экспорт минерального сырья, железо, золото, медь.

Исламская Республика Мавритания – государство на северо-западе Африки, граничащее на севере с Западной Сахарой, на северо-востоке – с Алжиром, на востоке и юге – с Мали, на юге – с Сенегалом; на западе омывается водами Атлантического океана. Территория ~ 1 млн км², население ~ 3,2 млн человек. Административно-территориальное деление – 12 областей и автономный округ Нуакшот; столица – г. Нуакшот. Денежная единица – угия.

Западная и южная части Мавритании представляют собой низменность, центральная и восточная – возвышенную равнину типа плато с редкими останцовыми грядами, северная – невысокие холмы возвышенности Адрар. Климат засушливый, большую часть территории Мавритании занимает пустыня, на юге переходящая в полупустыню.

Население в сельских районах занято скотоводством, земледелие ограничено долиной р. Сенегал вблизи южной границы страны и оазисами. Основой экономики являются промышленное морское рыболовство и горнодобывающая промышленность. На севере страны разведаны и эксплуатируются месторождения железных, медных и золотых руд, на шельфе – месторождения нефти и газа. Ресурсы нефти Мавритании оцениваются в 1 млрд баррелей, газа – в 30 млрд м³. С 2006 г. ведётся эксплуатация нефтяного месторождения Чингуитти с общими запасами 135–150 млн баррелей.

В 2019 г. ВВП Мавритании составил 7,59 млрд долларов США при росте 6,7 % к предыдущему году, ВВП на душу населения – 1756 долларов США, а ВВП на душу населения по паритету покупательной способности – 5197 долларов США. При этом рост производства в добывающих отраслях составил более 27 % после четырёх лет последовательного снижения. Зафиксировано увеличение притока прямых иностранных инвестиций и объёмов экспорта на 26 % за счёт железной руды и золота. В то же время значительно увеличился импорт оборудования для добывающих отраслей. Несмотря на собственную добычу Маврита-

Гирфанов Михаил Миргалимович

кандидат геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник
girfanov@tsnigri.ru

Истомин Валерий Александрович

научный сотрудник
istomin@tsnigri.ru

Котельников Евгений Евгеньевич

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий отделом международного
сотрудничества
kotelnikov@tsnigri.ru

Третьякова Ирина Геннадьевна

кандидат геолого-минералогических наук
учёный секретарь
itretiakova@tsnigri.ru

Васильченко Владислав Юрьевич

ведущий инженер
vasilchenko@tsnigri.ru

Сагадеева Гульнур Маратовна

ведущий инженер
sagadeeva@tsnigri.ru

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

ния вынуждена импортировать нефть и нефтепродукты, при этом в 2019 г. стоимость импорта составила около 556 млн долларов США – более 19 % от общего объёма импорта (около 2,86 млрд долларов США). Внешний долг составил около 4,1 млрд долларов США [1].

Геологическое строение и металлогения Мавритании изучены достаточно подробно и обобщены в ходе выполнения международных проектов PRISM и PRISMII с участием специалистов Министерства нефти, энергетики и горнодобывающей промышленности Мавритании, Французской государственной геологической службы BRGM (Bureau de Recherches Geologiques et Minieres) [5], Британской геологической службы [2, 6] и Геологической службы США (USGS) [7]. В поисковых работах на территории Мавритании, активно проводящихся начиная с 1960-х гг., принимали участие многочисленные государственные и частные компании, в том числе советские (1974–1978 гг. и 1987–1989 гг.) и российские геологи, включая специалистов ФГБУ «ЦНИГРИ». В результате этих работ были открыты и разведаны многочисленные месторождения и проявления нефти и газа, урана, железа, титана, меди, золота, редких земель, фосфоритов, гипса, галита и других полезных ископаемых.

Деятельность в минерально-сырьевой отрасли Мавритании регламентируется национальными Углеводородным и Горнорудным кодексами. В соответствии с Горнорудным кодексом разрешение на проведение геолого-поисковых работ выдаётся сроком на три года на основе заявительного принципа с возможностью двухкратного продления до трёх лет каждый. Лицензии на добычу полезных ископаемых выдаются на 30-летний период и могут быть продлены на срок до 10 лет. Горнорудные компании освобождаются от таможенных пошлин на период разведочных работ и на первые пять лет добычи, а на ГСМ и запасные части – бессрочно. Налоговый кодекс включает корпоративный налог на прибыль по ставке 25 % (начинает действовать после окончания периода освобождения от налога на первые три года производства), налог на репатриированный доход по ставке 14 % и НДС 16 %. С учётом изменений, внесённых в Горный кодекс в 2012 г., размер роялти варьирует от 1,5 до 6,5 % в зависимости от вида (группы) полезного ископаемого и текущего уровня цен на него на международных сырьевых биржах. Все горнорудные транзакции, такие как передача лицензии от одной ком-

пании к другой, облагаются налогом по ставке 10 %. Одна лицензионная площадь не должна превышать 500 км² для всех видов полезных ископаемых, за исключением алмазных концессий (5000 км²) [8].

Стратегическое планирование и мониторинг деятельности минерально-сырьевой отрасли Мавритании осуществляются Министерством нефти, энергетики и горнорудной промышленности (Ministère du Pétrole et de l'Énergie et des Mines). Надзорную деятельность в нефтегазовой сфере выполняет Генеральная дирекция по углеводородам (Le Direction Generale des Hydrocarbures), а в горнорудном секторе – Департамент рудников и геологии (Le Direction des Mines et de la Géologie). Важную роль в изучении геологического строения страны и проведении прогнозно-поисковых работ на ТПИ играет, несмотря на относительно немногочисленный штат сотрудников, Управление геологических исследований Мавритании OMRG (Office Mauritanien de Recherches Geologiques, Ministère du Pétrole, de l'Énergie et des Mines) – государственный оператор по геологическим и горным исследованиям, который находится в непосредственном ведении Министерства нефти, энергетики и горнорудной промышленности.

В настоящее время, по данным USGS, подавляющая часть из 70 с лишним местных и международных компаний, которые занимаются разведкой и добычей полезных ископаемых в Мавритании, находятся в частной собственности. По состоянию на 2016 г. эти компании имели в общей сложности более 139 разрешений на разведку полезных ископаемых и 24 лицензии на добычу [8]. Крупными государственными компаниями являются национальная нефтяная компания Société Mauritanienne des Hydrocarbures et de Patrimoine Minier (SMHPM), владеющая 10-процентной долей участия во всех морских и наземных проектах по разведке нефти, и мажоритарная государственная (78,35 %) компания Société Nationale Industrielle et Minière (SNIM), которая эксплуатирует все основные железорудные месторождения страны, а также владеет и управляет основной логистической инфраструктурой (железная дорога, терминал в морском порту Нуадибу).

В геологическом отношении территория Мавритании включает северо-западную часть Западно-Африканского кратона, его перикратонное опускание и складчато-надвиговое обрамление. В пределах территории выделяются четыре основных бло-

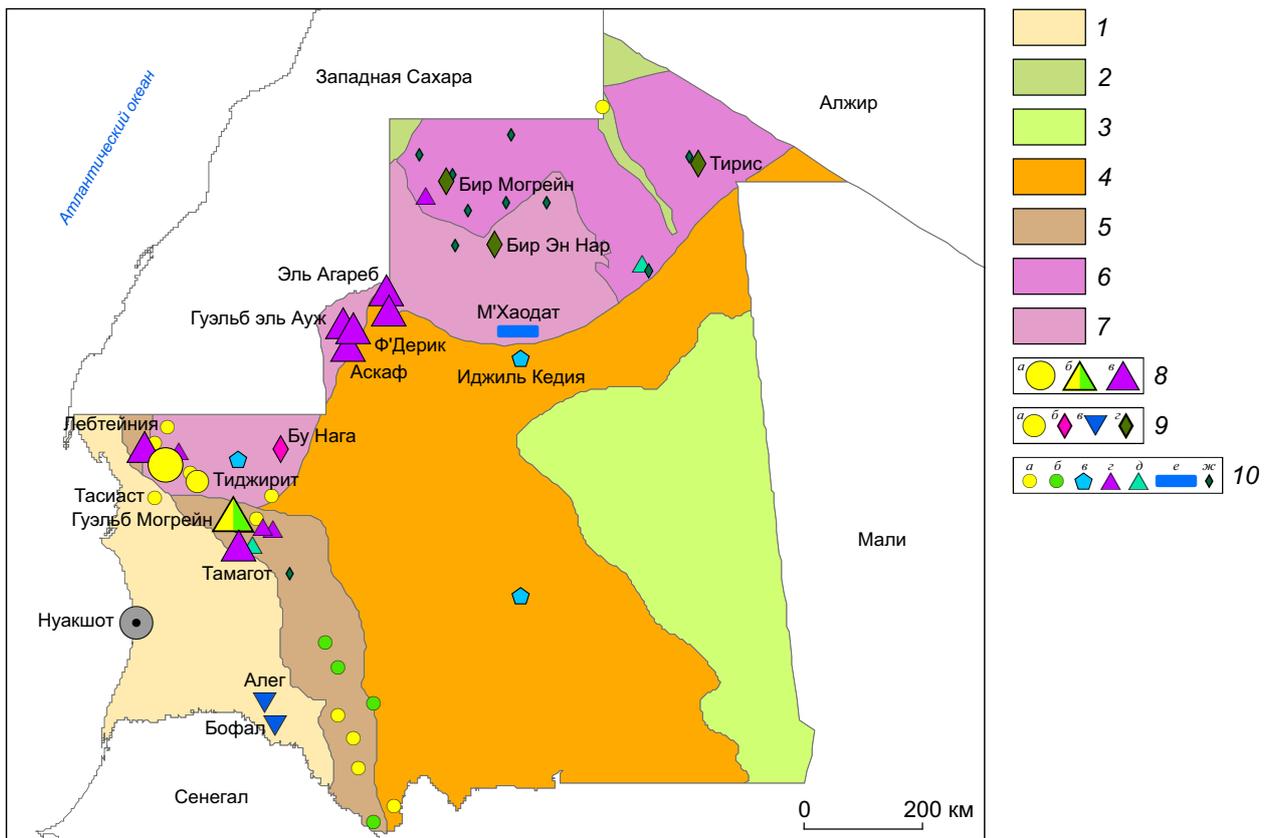


Рис. 1. СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МАВРИТАНИИ, ПО ДАННЫМ BRGM [5], BGS [2, 6] И S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE:

основные геоблоки территории Мавритании: 1 – Сенегало-Мавританская прибрежная впадина (MZ–KZ), 2 – фрагменты платформенной впадины Тиндуф (PZ); платформенная впадина Таудени: 3 – восточный сегмент (MZ–KZ), 4 – западный сегмент (PR₁–PZ); 5 – складчато-надвиговой пояс Мавританид (PR₂–PZ); Регибатский щит: 6 – восточный сегмент (PR), 7 – западный сегмент (AR); рудные объекты: 8 – крупные месторождения (а – золото, б – золото, медь, в – железо), 9 – мелкие месторождения (а – золото, б – лантаноиды, в – фосфориты, г – уран), 10 – рудопроявления (а – золото, б – медь, в – алмазы, г – железо, д – никель, е – свинец, ж – уран)

ка: Регибатский щит, внутриплатформенная впадина Таудени, складчато-покровная область Мавританид и периконтинентальная Сенегало-Мавританская впадина; на севере страны присутствуют также фрагменты платформенной впадины Тиндуф [5, 6] (рис. 1).

Раннедокембрийский Регибатский щит в своей западной части сложен архейскими высокометаморфизованными гранитогнейсами и амфиболитами, вмещающими метавулканы и железистые кварциты зеленокаменных поясов, тела серпентинитов, интрузии габброидов, диоритов, долеритов. В восточной части щита распространены раннепротерозойские вулканогенно-осадочные

породы, метаморфизованные в условиях от зеленосланцевой до амфиболитовой фации, сопоставимые с бирримской серией Западной Африки, интродированные гранитоидами эбурнейской фазы. Территория Регибатского щита является областью Мавритании, наиболее продуктивной на месторождения железа и золота, которые приурочены к полосчатой железистой формации и другим образованиям древних зеленокаменных поясов. Здесь известны также оцениваемые в настоящее время урановые и редкометалльные объекты [2, 5, 7].

Крупная платформенная впадина Таудени, западный сегмент которой занимает всю централь-

ную, южную и восточную части Мавритании – очень пологий прогиб, выполненный континентальными осадочными терригенными и карбонатными отложениями позднего протерозоя – девона и мезокайнозоя мощностью 2000–3000 м. В пределах впадины известны проявления нефтегазоносности, прогнозируется стратиформное оруденение цветных металлов платформенного типа, а также алмазонасные кимберлиты [2, 7].

Орогенная складчато-покровная область Мавританид, обрамляющая с запада Западно-Африканский кратон, протягивается с перерывами в меридиональном направлении через всю страну. Мавританиды представляют собой складчато-надвиговый пояс, сложенный толщами позднего протерозоя – раннего палеозоя, надвинутыми на блоки древнего кристаллического фундамента и платформенные образования впадины Таудени. Формирование покровно-складчатой структуры Мавританид связывается с многоэтапной геотектонической эволюцией – панафриканским орогенезом (аккреция островная дуга – континент в конце протерозоя – раннем палеозое) и герцинским орогенезом (коллизия палеоконтинентов в позднем палеозое). При этом структуры и металлогения Мавританид напрямую сопоставляются рядом специалистов с горным сооружением Аппалачей в Северной Америке [7]. Мавританиды характеризуются развитием разнообразных типов рудной минерализации меди и золота (IOCG), полиметаллов (колчеданно-полиметаллический), золота (золото-сульфидно-кварцевый), хромитов (подформный тип), марганца (вулканогенно-осадочный) и др. [2, 5, 7].

На западе Мавританиды перекрыты мезокайнозойскими отложениями Сенегало-Мавританской перикратонной прибрежной впадины, которая охватывает крупный береговой залив и прослеживается в глубь континента на несколько сотен километров. Чехол впадины слагается фациально чередующимися карбонатными и терригенными отложениями от юрского до современного возраста. Помимо промышленных нефтегазовых месторождений здесь также известны потенциально промышленные проявления торфов, фосфоритов, титаноносных пляжевых тяжёлых песков.

Современный ландшафт территории Мавритании представляет собой пенеплен с расчленёнными возвышенностями-останцами. Более половины территории страны перекрыто подвижными песчаными отложениями.

Современная минерально-сырьевая база ТПИ Мавритании по мировым меркам не может быть отнесена к уникальным. Только относительно многочисленные железорудные, золотомедные и собственно золоторудные месторождения обладают экономически значимыми параметрами, обеспечивающими их рентабельную эксплуатацию. В перспективе возможна также промышленная обработка выявленных небольших месторождений урана, фосфоритов, ильменитовых песков. Местное значение имеют месторождения гипса, соли, строительных материалов [8]. Тем не менее созданная МСБ ТПИ Мавритании позволяет развивать достаточно конкурентную национальную горнорудную промышленность, а также имеет определённый потенциал для роста.

Железные руды. Основные железорудные объекты Мавритании располагаются на севере страны, в провинции Тирус Земмур (месторождения Ф’дерик, Иджиль Кедия и М’Хаодат). Они представляют собой залежи гематитовых и магнетитовых руд типа железистых кварцитов, локализованные в полосчатой железистой формации древнего Регибатского щита. Лицензиями на эти объекты обладает мавританская компания Société Nationale Industrielle et Minière S.A. (SNIM), которая эксплуатирует их открытыми карьерами. По данным S&P Global Market Intelligence, на месторождении Ф’дерик за 1996–2019 гг. добыто 80,6 млн т железной руды (в том числе 4,2 млн т за 2019 г.), на Иджиль Кедия за 2000–2019 гг. – 102,6 млн т (в том числе почти 5,7 млн т в 2019 г.), на М’Хаодат за 1996–2017 гг. – 59,4 млн т (в том числе за 2017 г. 2,82 млн т). Кроме действующих рудников, в настоящее время готовятся к эксплуатации такие крупные железорудные объекты, как Гуэльб Эль Ауж, Лебтейния, Аскаф, Тамагот и некоторые другие [8].

Золото. Основные промышленные месторождения золота Мавритании располагаются на севере страны, в провинции Инчири. Это месторождения Тасиаст и Гуэльб Могрейн. Золоторудное месторождение Тасиаст [3] приурочено к архейскому зеленокаменному поясу Чами, представлено протяжённой кварц-карбонат-магнетит-сульфидной минерализованной зоной, локализованной в основном в интенсивно расщепленных кварцевых диоритах. Относится к типу золото-сульфидно-кварцевых месторождений в архейских зеленокаменных поясах, к морфологическому типу жильно-прожилковых зон. Владелец лицензии на место-

рождение Тасиаст в настоящее время является канадская компания Kinross Gold Corporation. Месторождение эксплуатируется открытым карьером. По данным S&P Global Market Intelligence, за 2007–2019 гг. здесь было добыто 83,3 т золота, в том числе 12,1 т в 2019 г. При этом остаточные общие геологические запасы составили на 2019 г. ~ 293 т золота при среднем содержании 1,8 г/т, а прогнозные ресурсы – ~ 11 т золота.

Золотомедное месторождение Гуэльб Могрейн [4] располагается в пределах северного наиболее интенсивно дислоцированного складчато-надвигового пояса Мавританид. Гнездово-прожилково-вкрапленная магнетит-сульфидная рудная минерализация месторождения приурочена к зонам брекчий в тектонических линзах метаморфизованных железисто-магнезиальных карбонатных пород среди метабазитов и кристаллических сланцев преимущественно основного состава. Ранее относилось к метаморфизованным золотоносным медно-колчеданным или железо-медно-скарновым месторождениям. В последнее время по комплексу признаков отнесено к железооксидно-золотомедному (IOCG) типу месторождений [4, 7]. Разрабатывалось с древнейших времен, в современный период с перерывами начиная с 1967 г. По состоянию на 1997 г. запасы руды на месторождении составляли 23,6 млн т с содержаниями 1,88 % меди, 1,41 г/т золота и 143 г/т кобальта. В настоящее время эксплуатируется компанией First Quantum Minerals Limited открытым карьером. По данным S&P Global Market Intelligence, за 2006–2019 гг. здесь добыто 24,3 т золота, в том числе 2,4 т в 2019 г. Остаточные запасы составили 14,6 т золота при среднем содержании 0,59 г/т, а прогнозные ресурсы – 0,34 т золота.

Кроме перечисленных в настоящее время проводятся разведочные работы на золоторудном месторождении Тиджирит в провинции Инчири [8].

Медь. Единственным эксплуатируемым в настоящее время месторождением меди в Мавритании является упоминавшееся выше золотомедное месторождение Гуэльб Могрейн в провинции Инчири. По данным S&P Global Market Intelligence, за 2006–2019 гг. помимо золота здесь добыто около 449 тыс. т меди, в том числе 29,6 тыс. т меди в 2019 г., остаточные запасы этого металла составили 174 тыс. т при содержании 0,65 % меди, а прогнозные ресурсы – 5,3 тыс. т меди.

Помимо месторождений железа, меди и золота, составляющих основу МСБ Мавритании, на территории страны были выявлены месторождения и рудопроявления ряда других рудных и нерудных твёрдых полезных ископаемых. Рудные полезные ископаемые представлены рудопроявлениями и мелкими или недоизученными месторождениями урана, титана, редких земель, имеются мелкие проявления никеля, марганца, барита, алмазов. Из нерудных полезных ископаемых Мавритания имеет запасы и производит в умеренных количествах фосфориты и строительные материалы: цемент (BSA Ciment S.A., Ciment de Mauritanie S.A., Mauritano-Francaise des Ciment S.A, Société des Ciment du Nord), гипс (Société Arabe des Industries Métallurgiques S.A. (SAMIA)), соль (Société Mauritanienne des Industries du Sel (SOMISEL)), чистый кварц (Quartz Inc. Mauritanie S.A.), а также мрамор и гранит [2, 5, 7, 8].

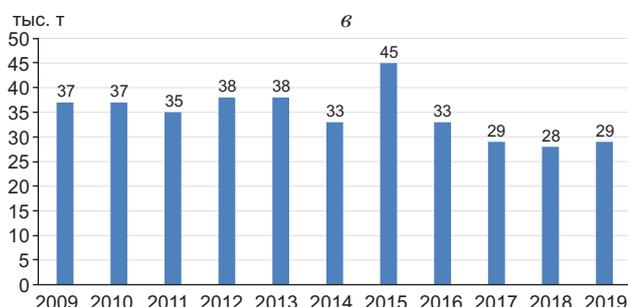
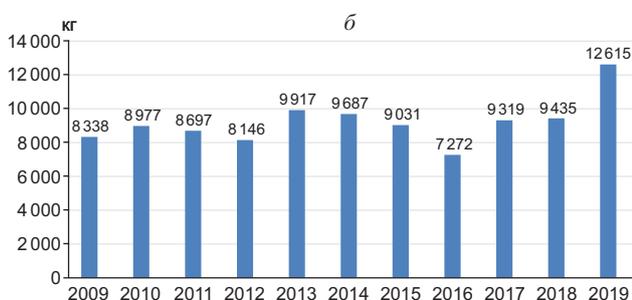
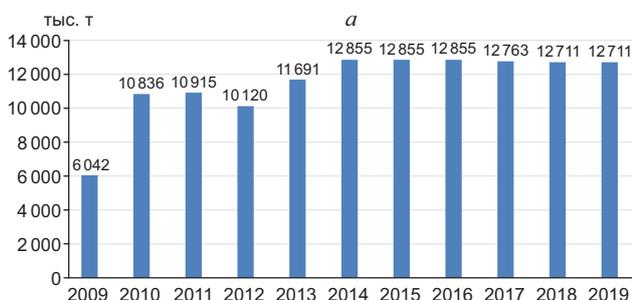
Добыча твёрдых полезных ископаемых в настоящее время и на обозримую перспективу остаётся базовой отраслью экономики Мавритании. При этом ведущая роль в обеспечении платёжеспособности страны в международной торговле принадлежит железным рудам, золоту и меди (в сумме составили 56 % общего экспорта страны в 2017 г.). В частности, по данным USGS, в 2016 г. Мавритания была 14-м в мире и вторым в Африке экспортёром железной руды.

Динамика рудничного производства ведущих видов минерального сырья Мавритании – железных руд, золота и меди – за последнее десятилетие (2009–2019 гг.) отражена на диаграммах (рис. 2). Как видно из представленных статистических данных, добыча железных руд в Мавритании в последние годы остаётся стабильной, производство золота варьирует с заметным ростом в 2019 г., а производство меди обнаруживает явную тенденцию к снижению. Рост добычи железа сдерживается в основном ценовой конъюнктурой на международном рынке [8]. Ускоренная же добыча золота приводит к быстрому исчерпанию известных запасов/ресурсов. То же отмечается и для сырьевой базы меди Мавритании.

Динамика изменения ресурсной базы по ведущим видам минерального сырья Мавритании (железо, золото, медь) за последние годы (2013–2019 гг.) представлена в таблице, составленной по данным S&P Global Market Intelligence. Данные демонстрируют достаточно стабильное состояние МСБ железа и систематическое снижение запасов и ресур-

**ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЖЕЛЕЗА,
ЗОЛОТА И МЕДИ МАВРИТАНИИ ЗА 2013–2019 гг.,
ПО ДАННЫМ S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE**

Годы	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Железная руда							
Запасы, млн т	975	1287	1231	1231	1231	1231	1231
Ресурсы, млн т	7383	7881	7937	7937	7937	7937	7937
Золото							
Запасы, т	322	305	299	267	259	241	217
Ресурсы, т	210	127	144	140	171	150	127
Медь							
Запасы, тыс. т	285	265	224	181	147	98	70
Ресурсы, тыс. т	608	236	203	306	187	190	109



**Рис. 2. ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ (а),
ЗОЛОТА (б) И МЕДИ (в) В МАВРИТАНИИ ЗА 2009–2019 гг.,
ПО ДАННЫМ S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE**

сов золота и меди Мавритании, что, очевидно, связано с быстрым исчерпанием немногочисленных известных крупных месторождений этих металлов.

Как следует из примерного сопоставления приведённых данных о запасах/ресурсах и добыче перечисленных металлов в Мавритании, запасы железных руд обеспечивают их устойчивую добычу при современных темпах в течение более 90 лет, а выявленных ресурсов хватит на многие сотни лет; по золоту запасов достаточно на 18 лет эксплуатации, а ресурсы могут продлить её ещё на 10 лет. Положение с обеспеченностью производства медных руд в Мавритании выглядит критическим: судя по опубликованным данным, остаточные запасы меди истощатся уже через три года, а имеющихся ресурсов может хватить лишь на несколько лет.

Восполнение и расширение МСБ ТПИ Мавритании, в первую очередь меди и золота, является, таким образом, актуальной задачей, требующей наращивания объёмов геолого-поисковых работ.

Геологическое изучение и поиски в пределах территории Мавритании осложняются комплексом таких специфических факторов, как широкое развитие покровно-надвиговой тектоники, распространение мощного покрова рыхлых отложений, в том числе песчаных дюн, тяжёлые климатические условия.

С учётом этих особенностей территории очевидна необходимость расширения использования при поисковых работах методов дистанционного анализа, аэрогеофизических методов, современных модификаций геофизического зондирования, глубинных литохимических поисков с применением мелкометражного бурения, литохимических поисков по наложенным ореолам рассеяния и других современных поисковых методик, а также существенное увеличение объёмов глубокого поискового бурения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Banque Centrale de Mauritanie // Rapport Annuel. – 2019. – 97 p.*
2. *Gunn A. G., Pitfield P. E. J., McKervey J. A., Key R. M., Waters C. N., Barnes R. P. Notice explicative des cartes géologiques et géologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie / Direction des mines et de la géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nuakchott // Potentiel Minier. – 2004. – V. 2. – 222 p.*

3. Kinross Gold Corporation Tasiast Project Mauritania National Instrument 43-101 // Technical Report. – 2019. 209 p.
4. Kolb J., Sakellaris G. A., Meyer F. M. Controls on hydrothermal Fe oxide-Cu-Au-Co mineralization at the Guelb Moghrein deposit, Akjoujt area, Mauritania // *Mineralium Deposita*. – 2006. – V. 41. – P. 68–81.
5. Lahondere D., Thieblemont D., Goujou J.-C. [et. al.] Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Nord de la Mauritanie / Direction des mines et de la géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott. – 2003. – V. 1.
6. Pitfield P. E. J., Key R. M., Waters C. N. [et al.] Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie / Direction des mines et de la géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott. – 2004. – V. 1. – 547 p.
7. Taylor, C.D., and Giles, S.A., 2015. Mineral potential for volcanogenic massive sulfide deposits in the Islamic Republic of Mauritania, chap. L of Taylor C. D., ed., Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II) // U.S. Geological Survey Open-File Report 2013–1280-H, 70 p.
8. U.S. Geological survey minerals yearbook. Mauritania – 2016. – URL: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb3-2016-mr.pdf> (дата обращения 06.08.2020).

REFERENCES

1. Banque Centrale de Mauritanie, *Rapport Annuel*, 2019, 97 p.
2. Gunn A. G., Pitfield P. E. J., McKervey J. A., Key R. M., Waters C. N., Barnes R. P. Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie, *Direction des mines et de la géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nuakchott, Potentiel Minier*, 2004, V. 2.
3. Kinross Gold Corporation Tasiast Project Mauritania National Instrument 43-101, *Technical Report*, 2019.
4. Kolb J., Sakellaris G. A., Meyer F. M. Controls on hydrothermal Fe oxide-Cu-Au-Co mineralization at the Guelb Moghrein deposit, Akjoujt area, Mauritania, *Mineralium Deposita*, 2006, V. 41, pp. 68–81.
5. Lahondere D., Thieblemont D., Goujou J.-C., et. al. Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Nord de la Mauritanie, Direction des mines et de la géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, 2003, V. 1.
6. Pitfield P. E. J., Key R. M., Waters C. N., et al. Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie, Direction des mines et de la géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, 2004, V. 1.
7. Taylor C. D. Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II): *U.S. Geological Survey Open-File Report*, 2013–1280-H.
8. U.S. Geological survey minerals yearbook. Mauritania – 2016, available at: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb3-2016-mr.pdf> (06.08.2020).

THE STATUS AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF THE MINING MINERAL RESOURCE BASE IN MAURITANIA

M. M. Girfanov (PhD, leading researcher)
 V. A. Istomin (reseracher)
 E. E. Kotelnikov (PhD, Head of international relations department)
 I. G. Tretyakova (PhD, Scientific Secretary)
 V. Yu. Vasilchenko (leading engineer)
 G. M. Sagadeeva (leading engineer)

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

General information on the geology and mineral economics of Mauritania is briefly summarized. The status and prospects of the national mining mineral resource base (iron ore, gold, copper, etc.) are reviewed.

Keywords: Mauritania, West African craton, mineral resource base, solid minerals, mineral production, mineral exports, iron, gold, copper.



К ВОПРОСУ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ АРХЕЙСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены закономерности локализации архейских золоторудных месторождений. Охарактеризованы геологическое строение и состав руд двух подобных объектов Канадского щита, различающихся тектонической позицией и составом вмещающих комплексов. На их примере обосновано выделение среди архейских золоторудных месторождений двух геолого-генетических типов – золото кварцевого (орогенного) и золото-редкометалльного (связанного с гранитоидами) аналогично фанерозойским аккреционно-коллизийным поясам.

Ключевые слова: архейские золоторудные месторождения, провинция, гранит-зеленокаменная область, орогенный, связанный с гранитоидами.

Архейские золоторудные месторождения (АЗМ) широко распространены в пределах гранит-зеленокаменных областей Северо-Американской, Австралийской и Африканской платформ. На их долю приходится порядка 20 % накопленной мировой добычи золота [31]. К наиболее крупным и известным относятся месторождения Керкленд-Лейк, Холлинджер-Макинтайр, Доум, Ред-Лейк, Джайент, Кон, Лупин (Канада), Калгурли (Австралия), Колар (Индия), Морро-Вельо (Бразилия). Этим месторождениям посвящён огромный массив литературы, однако на русском языке опубликованы лишь единичные работы [17, 21, 23, 24], в значительной степени уже устаревшие. В генетическом отношении АЗМ являются разнородной совокупностью объектов [33]. Однако традиционно и в отечественной [17, 20, 21], и в зарубежной [29, 38] литературе все они относятся к одному типу так называемых архейских месторождений зеленокаменных поясов, который, по сути, параллелизуется с орогенными золоторудными месторождениями протерозоя и фанерозоя [5]. Существуют также представления о слабой геохимической дифференциации архейского золоторудения [3, 4], а также о том, что «для архея и протерозоя характерно широкое распространение золото-кварцевого и золото-сульфидного оруденения, и значимых различий между, так называемыми, орогенными и связанными с гранитоидами месторождениями нет» [4]. В нашей стране при широком развитии комплексов раннего докембрия, в том числе зеленокаменных поясов, золотая минерализация архейского возраста до сих пор не выявлена. Таким образом, существует потребность в уточнении геолого-генетических типов АЗМ и, в прикладном аспекте, факторов, контролирующих их размещение. В данной работе сделана попытка решить эту задачу на примере месторождений архейских провинций Канадского щита – Сьюперior и Слэйв (рис. 1), которые изучались автором в 2004 и 2014 гг. соответственно в



**Глухов
Антон Николаевич**

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
gluhov76@list.ru

ФГБУН Северо-Восточный комплексный
научно-исследовательский институт
им. Н. А. Шило ДВО РАН,
г. Магадан



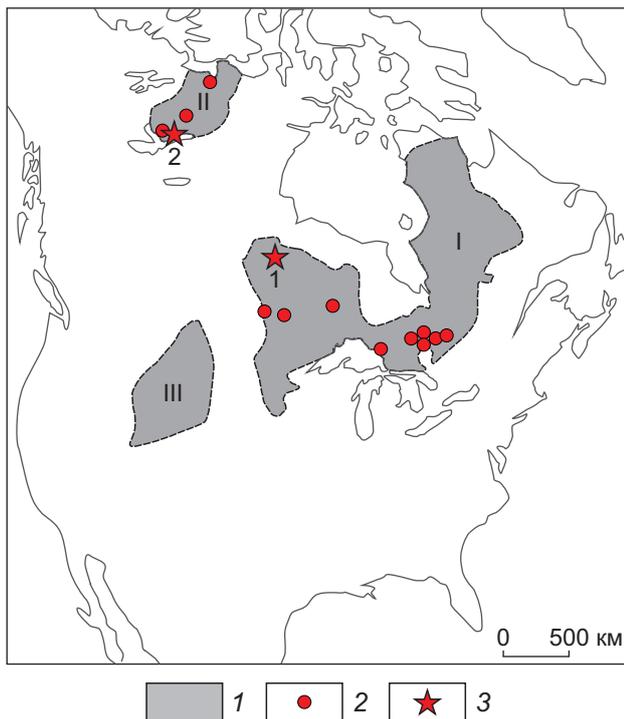


Рис. 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ АРХЕЙСКИХ ПРОВИНЦИЙ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ, ПО [37] (с упрощениями):

1 – архейские провинции (I – Сьюпериор, II – Слэйв, III – Вайоминг); 2 – архейские золоторудные месторождения; 3 – месторождения, рассматриваемые в статье (1 – Моньюмент-Бей, 2 – Томсон-Ландмарк)

качестве геолога-консультанта горнорудных компаний. Ранее нами уже было охарактеризовано месторождение Моньюмент-Бей провинции Сьюпериор [2]. В основу данной работы положен фактический материал, собранный автором при изучении архейского золоторудного месторождения Томсон-Лундмарк (провинция Слэйв) в 2014 г.

На месторождении Томпсон-Лундмарк были отобраны 25 точечных и пунктирно-бороздовых штучных проб. Они анализировались на 40 элементов методом оптической спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES) с растворением навески в царской водке и на золото пробирным методом с ICP-окончанием в лаборатории ALS Chemex (г. Ванкувер). Для выявления геохимических ассоциаций производились факторный (метод главных компонент) и корреляционный анализы. Минералогическое изучение руд выполнено Л. Кабри (Королевский Университет Кингстона, г. Онтарио, Канада) на материале укрупнённой пробы

массой 11 кг. Выделялись монофракции в тяжёлых жидкостях, изготавливались аншлифы, были проведены рентгеноструктурный, количественный MLA (QuemSCAN) и гранулометрический анализы.

Геологическое строение архейских провинций Сьюпериор и Слэйв детально охарактеризовано в литературе [9, 26, 30, 37]. Структурный план их супракрустальных комплексов определяется зеленокаменными и разделяющими их терригенно-сланцевыми поясами. Вулканогенные и осадочные образования поясов рассечены зонами расланцевания и смятия, прорваны коллизионными гранитоидами. Метаморфизм архейских пород относится к фации высоких температур и низких давлений и проявлен зонально относительно гранитоидов.

Металлогения обеих архейских провинций сходна. Её определяют прежде всего АЗМ. Абсолютное большинство их объектов и запасов золота вмещают осадочно-вулканогенные комплексы зеленокаменных поясов. Среди наиболее крупных (с запасами золота более 100 т) месторождений провинции Сьюпериор отметим Холлинджер-Макинтайр, Керкленд-Лейк, Доум, Сигма, Ред-Лейк; в провинции Слэйв – Джайент, Кон, Лупин, Корейджес-Лейк, Хоуп-Бей. Значительно меньшее значение имеют золоторудные объекты в турбидитах и граувакках терригенно-сланцевых поясов. Они известны главным образом в пределах провинции Слэйв [36, 37]. АЗМ обеих провинций характеризуются близким изотопным составом сульфидной серы: -2,0...+8,0 для провинции Сьюпериор [29], +0,6...+5,0 для провинции Слэйв [44] с модальными значениями +2,8...+3,0. Их формирование происходило в течение одного отрезка времени – от 2,72 до 2,59 млрд лет [35]. Столь же экономически значимыми являются колчеданно-полиметаллические (Норанда, Флин-Флон) месторождения и залежи железистых кварцитов провинции Сьюпериор, которые приурочены к тем же зеленокаменным поясам. В провинции Слэйв объекты этих типов редки и имеют незначительные масштабы. Ag-U-Co-Ni-Bi месторождения так называемой пятиэлементной формации, приуроченные к контакту архейского фундамента и протерозойского чехла, многочисленны и в провинциях Слэйв (Эко-Бей, Индор, Рейрок), и Сьюпериор (Кобальт-Гоуганда). На южной окраине провинции Слэйв располагается гигантское Be-Nb-Ta-Zr-REE месторождение Тор-Лейк, локализованное в расслоенном пироксенит-габбро-сиенит-щёлоч-

ногранитном массиве протерозойского возраста. В пределах обеих провинций располагаются крупные алмазные месторождения кимберлитового типа.

Ранее нами было изучено месторождение Моньюмент-Бей [2], расположенное на северо-западном фланге провинции Сьюпериор в 540 км к северо-востоку от г. Виннипег. Оно является весьма характерным примером АЗМ зеленокаменных поясов [29, 38]. Месторождение принадлежит рудному району Сталл-Лейк (рис. 2), который приурочен к зеленокаменному поясу Оксфорд-Лейк протяжённостью 150 км. Пояс сложен конгломератами, песчаниками, железистыми кварцитами, известково-щелочными вулканитами среднего и кислого составов, которые интенсивно деформированы и метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации и прорваны гранодиоритами и тоналитами [42]. Протяжённость рудного поля месторождения (рис. 3) более 20 км при ширине 2–4 км. Рудные тела приурочены к зоне дробления и смятия широтного простирания и представлены двумя морфологическими типами: зонами интенсивного прожилково-сетчатого и метасоматического окварцевания и сульфидизации мощностью 2–20 м и плитообразными кварцевыми жилами мощностью 0,2–0,5 м. Запасы золота составляют 111 т при среднем содержании 1,5 г/т [40]. Минеральный состав руд приведён в табл. 1, последовательность минералообразования – в табл. 2. Общее содержание рудных минералов 2–5 %. Самородное золото образует включения размером 5–10 мкм в игольчатом арсенипирите в сростании с пирротинном и галенитом. Пробность золота 749–863 ‰. Геохимический спектр руд – Au-As-Zn-Cu-Pb. Минералого-геохимическая зональность отсутствует, даже минимально выраженная.

Золоторудные месторождения зеленокаменных поясов провинции Слэйв мало отличаются от аналогов и детально описаны в многочисленных публикациях, впервые – в классической работе Р. Бойла [27]. Месторождениям терригенно-сланцевых поясов посвящены буквально единичные работы [36, 41], обращающие внимание главным образом на различные аспекты деформационной структуры и метаморфизм. Изученное нами месторождение Томсон-Лундмарк – характерный представитель этого типа. Оно расположено в 48 км к северо-востоку от г. Йеллоунайф в пределах одноимённого золоторудного района (рис. 4). По дан-

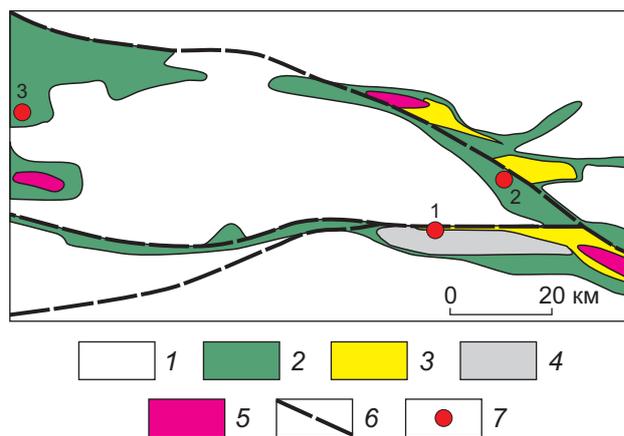


Рис. 2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО РАЙОНА ОКСФОРД-СТАЛЛ-ЛЕЙК [42]:

1 – гранулиты; зеленокаменные пояса: 2 – базальты, железистые кварциты, 3 – андезиты, 4 – алевролиты, песчаники, конгломераты; 5 – коллизионные гранитоиды; 6 – разломы; 7 – золоторудные месторождения (1 – Моньюмент-Бей, 2 – Литтл Сталл-Лейк, 3 – Годс-Лейк)

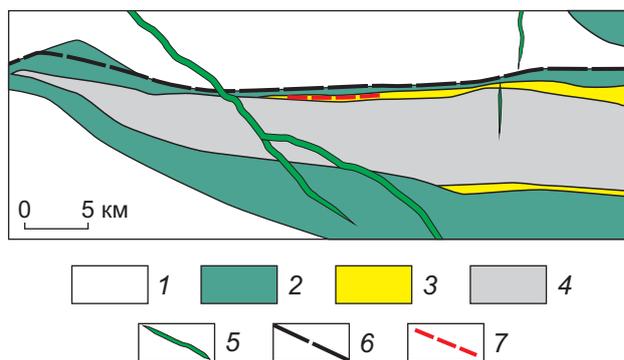


Рис. 3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО ПОЛЯ МОНЬЮМЕНТ-БЕЙ:

1 – гранулиты; 2 – базальты, железистые кварциты; 3 – андезиты; 4 – алевролиты, песчаники, конгломераты; 5 – дайки диабазов; 6 – разломы; 7 – рудная зона

ным геологической службы провинции Северо-Западные Территории Канады, в 1941–1949 гг. месторождение отрабатывалось [40], добыто 2,2 т золота. Рудное поле (рис. 5) локализовано в ороговевших архейских филлитах экзоконтактовой зоны интрузивного массива, сложенного высокоглинозёмистыми коллизионными гранитами S-типа [30, 32]. Его структура определяется сжатыми складками северо-северо-западной ориентиров-

1. РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ МИНЕРАЛОВ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОНЬЮМЕНТ-БЕЙ [2]

Группа	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Породообразующие	Кварц Серицит	Эпидот Амфибол Хлорит	Плагиоклаз Микроклин Полевые шпаты Циркон Сфен
Рудные	Арсенопирит Пирит Пирротин Магнетит Титаномагнетит	Халькопирит Ильменит Лейкоксен Гематит	Галенит Борнит Самородное золото Сфалерит
Гипергенные		Лимонит	Халькозин

2. ЭТАПЫ, СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОНЬЮМЕНТ-БЕЙ [2]

Этап	Стадия, ассоциация	Минералы
Дорудный метаморфогенный	Кварц-магнетитовая	Кварц I, гематит, магнетит, ильменит, титаномагнетит
Дорудный гидротермальный	Кварц-хлорит-пирротиновая	Кварц II, плагиоклаз, серицит, хлорит, борнит, халькопирит I, арсенопирит I, пирит I, сфалерит, пирротин I, халькозин
Рудный гидротермальный	Золото-арсенопиритовая	Арсенопирит II, самородное золото, халькопирит II, пирит II, пирротин II
Пострудный гидротермальный	Кварц-галенитовая	Кварц III, галенит
Гипергенный	Лимонит-халькозиновая	Лимонит, халькозин

3. РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ МИНЕРАЛОВ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСОН-ЛУНДМАРК

Группа	Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
Породообразующие	Кварц	Турмалин Альбит Серицит Биотит	Сидерит Апатит Клинохлор
Рудные	Пирит Галенит	Арсенопирит Сфалерит Пирротин Самородный висмут Тетрадимит Молибденит Ильменит	Халькопирит Самородное золото Гессит Петцит Алтаит Касситерит Станнин
Гипергенные		Лимонит Ярозит	Ковеллин

4. ЭТАПЫ, СТАДИИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСОН-ЛУНДМАРК

Этап	Стадия, ассоциация	Минералы
Дорудный метаморфогенный	Кварц-биотит-серицит-альбитовая	Кварц I, биотит, альбит, серицит, ильменит
Дорудный гидротермальный	Кварц-арсенопиритовая	Кварц II, турмалин, пирротин, арсенопирит, касситерит, шеелит, молибденит
Рудный гидротермальный	Галенит-сфалеритовая	Пирит, галенит, сфалерит, халькопирит
	Золото-теллуридно-висмутовая	Самородное золото, гессит, петцит, алтаит, тетрадимит
Гипергенный	Лимонит-халькозиновая	Лимонит, ярозит, халькозин

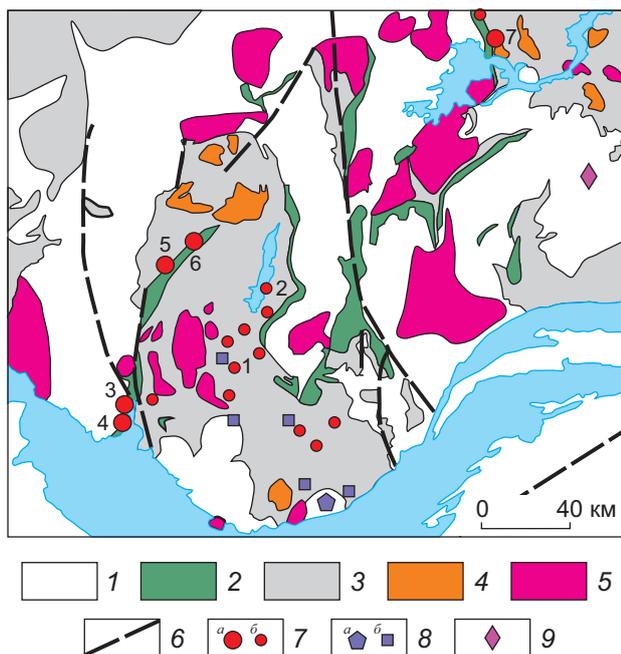


Рис. 4. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО РАЙОНА ЙЕЛЛОУНАЙФ, ПО [41], С ИЗМЕНЕНИЯМИ И ДОПОЛНЕНИЯМИ:

1 – гранулиты, гнейсы, тоналиты; 2 – зеленокаменные пояса; 3 – парасланцевые пояса; 4 – гранитоиды I типа; 5 – граниты S-типа; 6 – разломы; 7 – золоторудные месторождения с запасами более 10 (а), менее 10 т (б) (1 – Томсон-Лундмарк, 2 – Гордон-Лейк, 3 – Джайент, 4 – Кон, 5 – Ормсби, 6 – Дискавери, 7 – Корейджес-Лейк); 8 – Ta-Nb-Be-R3E месторождения, связанные с габбро-сиенит-щёлочнотрианитовыми комплексами (а), пегматитами (б); 9 – алмазные месторождения

ки; рудоконтролирующей является опрокинутая антиклиналь, шарнир которой полого погружается на юго-восток. Она осложнена зонами расланцевания и смятия, субпараллельными осевой плоскости складки либо пересекающими её под острыми углами. Участки пересечения и сопряжения данных структур контролируют размещение рудных столбов.

На месторождении известны рудные тела двух типов. Первый представлен кварцевыми жилами, второй – зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. Все разведанные (и отработанные) запасы золота сосредоточены в кварцевых жилах. Они имеют мощность от первых сантиметров до 5 м и полого (45–55°) падают на северо-восток. Средние содержания золота, по данным эксплуатационных работ, 13–22 г/т. Распределение золота неравномерное, при эксплуатации место-

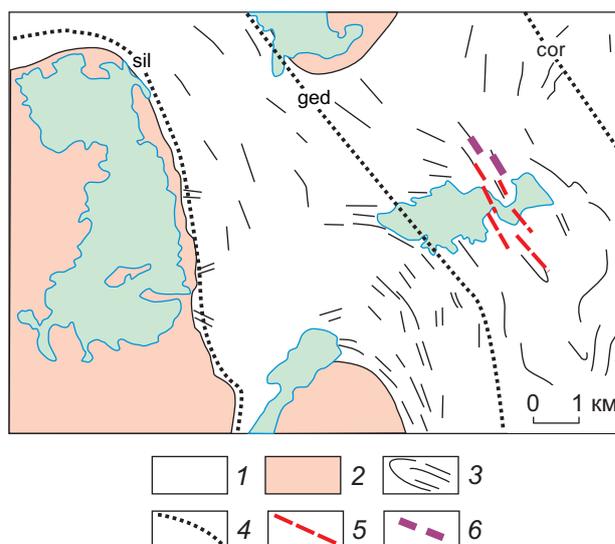


Рис. 5. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РУДНОГО ПОЛЯ ТОМСОН-ЛУНДМАРК, ПО [37], С ИЗМЕНЕНИЯМИ И ДОПОЛНЕНИЯМИ:

1 – кварц-сланцевые сланцы; 2 – граниты; 3 – сланцеватость; 4 – изогоры (sil – силлиманит, ged – жедрит, cor – кордиерит); 5 – золоторудные тела; 6 – дайки пегматитов

рождения выявлены рудные столбы протяжённостью 50–100 м по простиранию, более 200 м по падению. Зоны прожилково-вкрапленной сульфидизации характеризуются невысокими содержаниями золота (0,5–1 г/т), мощностью 1–2 м, всегда приурочены к горизонтам углеродистых филлитов. Руды убогосульфидные, их минеральный состав приведён в табл. 3, последовательность минералообразования – в табл. 4. Золото свободное, модалной крупностью 0,05–0,1 мм, умеренно высокопробное (824–883 ‰), ассоциирует с пиритом и минералами Те и Вi. Содержания серебра не превышают первых граммов на тонну. Изредка наблюдаются повышенные концентрации As (до 613 г/т) и W (до 250 г/т). Геохимический спектр руд – Au-Bi-Ag-W-As. Наблюдается геохимическая зональность, выражающаяся в повышении в рудных телах по мере приближения к гранитам концентраций As и W, а при удалении от них – Pb и Zn. Близкое геологическое строение имеют другие месторождения рудного района Йеллоунайф [38]. В рудах некоторых из них концентрации WO₃ достигают 30–40 %, и эти объекты обрабатывались как вольфрамовые. Золотоносные кварцевые жилы часто тесно ассоциируют с дайками редкометалльных пегматитов,

5. СРАВНЕНИЕ ДВУХ ТИПОВ АРХЕЙСКИХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тип	Вмещающие породы	Морфология рудных тел	Минералы в составе руд		Геохимический спектр руд	Состав флюидных включений [29, 41]	
			жильные	рудные		NaCl экв., %	CO ₂ / CH ₄
Зеленокаменных поясов	Вулканииты, BIF	Жильные и минерализованные зоны	Кварц, Fe-карбонат, серицит	Арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит, самородное золото	Au-As-Pb-Zn-(W, Te)	< 6	> 1
Терригенно-сланцевых поясов	Турбидиты, граувакки	Жилы	Кварц, турмалин	Арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит, тетрадимит, алтаит, гессит, петцит, молибденит, самородное золото	Au-Bi-W-As-Te	25–30	< 1

содержащими сподумен, колумбит, танталит и берилл [25].

Выводы. Архейские золоторудные месторождения Канадского щита по составу вмещающих комплексов можно разделить на два типа: зеленокаменные и терригенно-сланцевых поясов (табл. 5). Объекты первого наиболее многочисленны [31] и известны как в пределах архейских провинций Северной Америки (Джайент-Йеллоунайф, Кон, Керкленд-Лейк, Холлинджер-Макинтайр), так и в Австралии (Калгурли) и Индии (Колар). По геологическому строению и минералогии руд они весьма близки орогенным (золото кварцевым) месторождениям протерозоя и фанерозоя [5]. Объекты второго типа изучены намного хуже и в настоящее время уверенно могут быть выделены только в провинции Слэйв. Они намного меньше по масштабу, соответственно меньше и известность этих объектов. Пространственная ассоциация с коллизионными гранитами, минеральный состав и геохимический спектр руд, параметры рудообразующего флюида, хорошо проявленная латеральная зональность позволяют отнести их к типу месторождений, связанных с гранитоидами (золото-редкометалльному, или золото-висмутовому) [5, 43]. Пространственно они ассоциируют с вольфрамосодержащими кварцевыми жилами и редкометалльными пегматитами и весьма сходны с золото-редкометалльной минерализацией Яно-Колымского по-

яса [3]. Рудогенез происходил на завершающем, аккреционном, этапе тектоно-магматического развития провинции Слэйв: U-Pb возраст коллизионных гранитов составляет 2,58–2,59 млрд лет [29], Re-Os возраст пирита из золотоносных кварцевых жил месторождения Кон – 2,59 млрд лет [35]. Архейские золото-кварцевые и золото-редкометалльные месторождения характеризуются всеми чертами, присущими их фанерозойским аналогам, например, широко развитым в пределах орогенных поясов южного и восточного обрамления Северо-Азиатского кратона [5, 6, 10, 16]. В частности, коллизионные граниты провинции Слэйв [30, 32] по своим петролого-геохимическим особенностям аналогичны породам «колымского» комплекса [11, 22]. Это в целом характерно для высокоглинозёмистых S-гранитов, которые проявляли удивительное сходство состава на протяжении всей геологической истории [28]. Возрастные, геохимические и структурно-геологические критерии связи золоторудного оруденения с дислокационным метаморфизмом и гранитоидным магматизмом, разработанные для золоторудных поясов Северо-Востока Азии [6], в полной мере применимы и к АЗМ. Упомянем также, что ранее золоторудное оруденение, связанное с гранитоидами, было охарактеризовано в пределах зеленокаменного пояса Норсмен-Уилуна [34]. Это не подтверждает существующие представления об отсутствии значимых генетических различий между

разными типами золоторудных месторождений архея и протерозоя [3, 4].

Затронем вопрос о перспективах выявления АЗМ в России, который неоднократно поднимался в публикациях [1, 8, 20]. Большая часть супракрустальных архейских комплексов Балтийского, Алданского и Анабарского щитов, Воронежского кристаллического массива была переработана в ходе грандиозных раннепротерозойских орогенных событий, которые сопровождались образованием надвигов, амфиболитовым и гранулитовым метаморфизмом, внедрением гранитоидов и анортозитов, и глубоко эродирована [7, 12, 18, 19]. Известная здесь золоторудная минерализация имеет протерозойский возраст [13–15]. В ещё большей степе-

ни это касается кратонных террейнов, таких как Омолонский, Охотский, Канский, Шарыжалгайский и другие, которые были консолидированы лишь в неопротерозое. Все эти обстоятельства определяют ограниченный потенциал архейских провинций нашей страны для поисков АЗМ. Тем не менее выявление небольших по масштабам объектов такого типа возможно главным образом под чехлом фанерозойских платформенных осадков. Первоочерёдными для изучения являются участки пространственного совмещения пунктов минерализации, геохимических и шлиховых аномалий Au, As, W с раннедокембрийскими зонами расщепления и смятия, рассекающими комплексы зеленокаменных и терригенно-сланцевых поясов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галямов А. Л., Волков А. В., Лобанов К. В., Мурашов К. Ю.* Перспективы выявления месторождений стратегических металлов в арктической зоне России // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 1. – С. 59–74.
2. *Глухов А. Н., Фомина М. И.* Геология и минералогия архейского месторождения золота Моньюмент-Бей, Канада (золото-кварцевая формация) // Научная молодежь – Северо-Востоку России: материалы III Межрегиональной конференции молодых ученых. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2010. – С. 32–35.
3. *Горячев Н. А.* благороднометалльный рудогенез и мантийно-коровое взаимодействие // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 2. – С. 323–332.
4. *Горячев Н. А.* благороднометалльный рудогенез и мантийно-коровое взаимодействие // Современные проблемы геохимии. Тезисы докладов Всероссийского совещания, посвящённого 95-летию со дня рождения академика Л. В. Таусона в 3-х томах. Том 2. – Иркутск : ИГ СО РАН, 2012. – С. 47–49.
5. *Горячев Н. А.* Золоторудообразующие системы орогенных поясов // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2006. – № 1. – С. 2–16.
6. *Горячев Н. А.* Происхождение золото-кварцевых жильных поясов Северной Пацифики. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2003. – 143 с.
7. *Доминиковская Д. А., Доминиковский Г. Г.* Эволюция земной коры раннего докембрия. – Минск : Наука и техника, 1991. – 216 с.
8. *Жирнов А. М.* Крупные золотоносные штокверки в архейской зеленокаменной толще Приамурья – новый тип месторождений России // Отечественная геология. – 2019. – № 4. – С. 37–46.
9. *Конди К.* Архейские зеленокаменные пояса [перевод с английского А. К. Запольнова, А. П. Платуновой]. – М. : Мир, 1983. – 390 с. – (Науки о Земле).
10. *Корольков А. Т.* Геодинамика золоторудных районов Восточной Сибири. – Иркутск : ИГУ, 2007. – 251 с.
11. *Котляр И. Н., Жуланова И. Л., Русакова Т. Б., Гагиева А. М.* Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – 319 с.
12. *Котов А. Б., Ковач В. П., Сальникова Е. Б., Глебовицкий В. А., Яковлева С. З., Бережная Н. Г., Мыскова Т. А.* Этапы формирования континентальной коры центральной части Алданской гранулитогнейсовой области: U-Pb и Sm-Nd изотопные данные по гранитоидам // Петрология. – 1995. – Т. 3, № 1. – С. 99–110.
13. *Кравченко А. А., Смелов А. П., Березкин В. И., Попов Н. В.* Геология и генезис докембрийских золотоносных metabазитов центральной части Алдано-Станового щита. – Якутск : ИГАБМ СО РАН, 2010. – 148 с.
14. *Кузнецов В. С., Петров С. В.* Вещественный состав и генетические особенности благороднометалльной минерализации в межрудных сланцах курской серии КМА // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология, география. – 2014. – Вып. 4. – С. 37–51.
15. *Ларионова Ю. О., Самсонов А. В., Шатагин К. Н., Носова А. А.* Изотопно-геохронологические свидетельства палеопротерозойского возраста золоторудной минерализации в архейских зеленокаменных поясах Карелии (Балтийский щит) // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55, № 5. – С. 374–396.
16. *Мионов А. Г., Спиридонов А. М., Жмодик С. М.* Основные этапы и геодинамические обстановки формиро-

- вания золоторудных месторождений южного обрамления Сибирского кратона // Золоторудные месторождения Востока России. Труды III Всероссийского симпозиума «Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология» (Улан-Удэ, 21–25 сентября 2004 г.). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. – С. 17–31.
17. Некрасов Е. М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М. : Недра, 1988. – 286 с.
 18. Ранний докембрий Балтийского щита / под ред. В. А. Глебовицкого. – СПб. : Наука, 2005. – 711 с.
 19. Розен О. М., Андреев В. П., Белов А. Н., Бибикина Е. В., Злобин В. Л., Ляпунов С. М., Милановский С. Ю., Ножкин А. Д., Рачков В. С., Сонюшкин В. Е., Суханов М. К., Шахотько Л. И. Архей Анабарского щита и проблемы ранней эволюции Земли. – М. : Наука, 1988. – 253 с.
 20. Рундквист Д. В., Минц М. В., Ларин А. М. [и др.] Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. – М. : МПР РФ, РАН ; ГеоКарт ; РосГео, 1999. – 399 с.
 21. Сафонов Ю. Г., Васудев В. Н., Сринивасан Р. Золоторудное поле Колар (Индия). – М. : Наука, 1988. – 132 с.
 22. Соболев А. П. Мезозойские гранитоиды Северо-Востока СССР и проблемы их рудоносности. – М. : Наука, 1989. – 248 с.
 23. Шер С. Д. Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка). – М. : Недра, 1974. – 256 с.
 24. Шер С. Д. Металлогения золота (Северная Америка, Австралия, Океания). – М. : Недра, 1972. – 295 с.
 25. Anderson M. O., Lentz D. R., Mcfarlane C. M., Falck H. A geological, geochemical and textural study of a LCT pegmatite: implications for the magmatic versus metasomatic origin of Nb–Ta mineralization in the Moose II pegmatite, Northwest Territories, Canada // *Journal of Geosciences*. – 2013. – V. 58. – P. 299–320.
 26. Bleeker W., Hall B. The Slave craton: geological and metallogenic evolution // *Mineral deposits of Canada: synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces and exploration methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication. – 2007. – № 5. – P. 849–879.
 27. Boyle R. W. Origin of Yellowknife gold deposits // *Economic Geology*. – 1964. – V. 59. – P. 1176–1177.
 28. Bucholz C. E., Spencer C. J. Strongly Peraluminous Granites across the Archean–Proterozoic Transition // *Journal of Petrology*. – 2019. – V. 60, № 7. – P. 1299–1348.
 29. Colvine A. C., Fyon J. A., Heather K. B., Marmont S., Smith P. M., Troop D. G. Archean Lode Gold Deposits in Ontario // *Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 139*. – Ontario : Ministry of Northern Development and Mines, 1988. – 138 p.
 30. Davis W. J., Bleeker W. Timing of plutonism, deformation, and metamorphism in the Yellowknife Domain, Slave Province, Canada // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1999. – V. 36. – P. 1169–1187.
 31. Hagemann S. G., Cassidy K. F. Archean Orogenic Lode Gold Deposits // *Society of Economic Geologist Reviews*. – 2000. – V. 13. – P. 9–68.
 32. Kretz R., Loop J., Hatree R. Petrology and Li-Be-B geochemistry of muscovite-biotite granite and associated pegmatite near Yellowknife, Canada // *Contribution to Mineralogy and Petrology*. – 1989. – V. 102, № 2. – P. 174–190.
 33. Mercier-Langevin P., Houle M. G., Dube B., Monecke T., Hannington M. D., Gibson H. L., Goutier J. A Special Issue on Archean Magmatism, Volcanism, and Ore Deposits: Part 1. Komatiite-Associated Ni-Cu-(PGE) Sulfide and Greenstone-Hosted Au Deposits. Preface // *Economic geology and the bulletin of the Society of Economic Geologists*. – 2012. – V. 107, № 5. – P. 745–753.
 34. Mueller A. G., Lawrance L. M., Muhling J., Pooley G. D. Mineralogy and PTX Relationships of the Archean Hannan South Au-Cu (Co-Bi) Deposit, Kalgoorlie, Western Australia: Thermodynamic Constraints on the Formation of a Zoned Intrusion-Related Skarn // *Economic Geology*. – 2012. – V. 107. – P. 1–24.
 35. Ootes L., Morelli R. M., Creaser R. A., Lentz B. R., Falck H., Davis W. J. The Timing of Yellowknife Gold Mineralization: a Temporal Relationship with Crustal Anatexis // *Economic Geology*. – 2011. – V. 106. – P. 713–720.
 36. Padgham W. A. Turbidite-hosted gold-quartz veins in the Slave Structural Province, N.W.T. // *Geological Association of Canada. Special Paper*. – 1986. – V. 32. – P. 119–134.
 37. Percival J. A. Geology and Metallogeny of the Superior Province, Canada // *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces and Exploration Methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division*. – 2007. – Special Publ. – P. 21–57.
 38. Poulsen K. H., Robert F., Dube B. Geological classification of Canadian gold deposits // *Geological Survey of Canada Bulletin 540*. – 2000. – 106 p.
 39. Shelton K. I., McMenamy T. D., Falck H. Deciphering the Complex Fluid History of a Greenstone-Hosted Gold Deposit: Fluid Inclusion and Stable Isotope Studies of the Giant Mine, Yellowknife, Northwest Territories, Canada // *Economic Geology*. – 2009. – V. 99. – P. 1643–1663.
 40. Silke R. High-grade tales: stories from mining camps of the Northwest Territories, Canada. – Canarctic graphic Ltd., 2012. – 76 p.

41. Stokes T. R., Zentilli M., Culshaw N. Structural and lithological controls of gold-bearing quartz-breccia zones in Archean metaturbidites, Gordon Lake, Northwest Territories, Canada // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1990. – V. 27, № 12. – P. 1577–1589.
42. Stone D. Geology of the northern Superior area, Ontario // *Ontario Geological Survey. Open File Report 6140*. – 2005. – 94 p.
43. Vikent'eva O., Prokofiev V. Yu., Gamyagin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids // *Ore Geology Reviews*. – 2018. – V. 102. – P. 240–259.
44. Wanless R. K., Boyle R. W., Lowdon J. A. Sulfur Isotope Investigations of the Gold-Quartz Deposits of the Yellowknife District // *Economic Geology*. – 1960. – V. 55. – P. 1591–1621.

REFERENCES

1. Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V., Murashov K. Yu. Perspektivy vyavleniya mestorozhdenii strategicheskikh metallov v arkticheskoi zone Rossii [Prospects for identifying deposits of strategic metals in the Arctic zone of Russia], *Arktika: ekologiya i ekonomika [Arctic: Ecology and Economy]*, 2017, No 1, pp. 59–74. (In Russ.).
2. Glukhov A. N., Fomina M. I. Geologiya i mineralogiya arkhaiskogo mestorozhdeniya zolota Mon'yument-Bei, Kanada (zoloto-kvartsevaya formatsiya) [Geology and mineralogy of the Archean gold deposit Monument Bay, Canada (gold-quartz formation)], *Nauchnaya molodezh' – Severo-Vostoku Rossii: materialy III Mezhtseional'noi konferentsii molodykh uchennykh [Scientific youth – to the North-East of Russia: materials of the III Interregional conference of young scientists]*, Magadan, SVNTs DVO RAN Publ., 2010, pp. 32–35. (In Russ.).
3. Goryachev N. A. Blagorodnometall'nyi rudogenez i mantiino-korovoe vzaimodeistvie [Noble metal ore genesis and mantle-crustal interaction], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 2014, V. 55, No 2, pp. 323–332. (In Russ.).
4. Goryachev N. A. Blagorodnometall'nyi rudogenez i mantiino-korovoe vzaimodeistvie [Noble metal ore genesis and mantle-crustal interaction], *Sovremennye problemy geokhimii. Tezisy dokladov Vserossiiskogo soveshchaniya, posvyashchennogo 95-letiyu so dnya rozhdeniya akademika L. V. Tausona [Modern problems of geochemistry. Abstracts of the All-Russian Meeting dedicated to the 95th anniversary of the birth of Academician L. V. Tauson]*, Irkutsk, IG SO RAN, 2012, pp. 47–49. (In Russ.).
5. Goryachev N. A. Zolotorudoobrazuyushchie sistemy orogennykh pojasov [Gold-mining systems of orogenic belts], *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch]*, 2006, No 1, pp. 2–16. (In Russ.).
6. Goryachev N. A. Proiskhozhdenie zoloto-kvartsevyykh zhil'nykh pojasov Severnoi Patsifiki [Origin of gold-quartz vein belts of the North Pacific], Magadan, SVKNII DVO RAN Publ., 2003, 143 p.
7. Dominikovskaya D. A., Dominikovskii G. G. Evolyutsiya zemnoi kory rannego dokembriya [Early Precambrian crustal evolution], Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1991, 216 p.
8. Zhirnov A. M. Krupnye zolotonosnye shtokverki v arkhaiskoi zelenokamennoi tolshche Priamur'ya – novyi tip mestorozhdenii Rossii [Large gold-bearing stockworks in the Archean greenstone strata of the Amur region – a new type of deposits in Russia], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2019, No 4, pp. 37–46. (In Russ.).
9. Kondi K. Arkheiskie zelenokamennye poyasa [Archean Greenstone Belts], Moscow, Mir Publ., 1983, 390 p.
10. Korol'kov A. T. Geodinamika zolotorudnykh raionov Vostochnoi Sibiri [Geodynamics of the gold ore regions of Eastern Siberia], Irkutsk, IGU Publ., 2007, 251 p.
11. Kotlyar I. N., Zhulanova I. L., Rusakova T. B., Gagieva A. M. Izotopnye sistemy magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov Severo-Vostoka Rossii [Isotope systems of magmatic and metamorphic complexes in the North-East of Russia], Magadan, SVKNII DVO RAN Publ., 2001, 319 p.
12. Kotov A. B., Kovach V. P., Sal'nikova E. B., Glebovitskii V. A., Yakovleva S. Z., Berezhnaya N. G., Myskova T. A. Etapy formirovaniya kontinental'noi kory tsentral'noi chasti Aldanskoi granulito-gneisovoi oblasti: U-Pb i Sm-Nd izotopnye dannye po granitoidam [Stages of formation of the continental crust of the central part of the Aldan granulite-gneiss area: U-Pb and Sm-Nd isotopic data on granitoids], *Petrologiya [Petrology]*, 1995, V. 3, No 1, pp. 99–110. (In Russ.).
13. Kravchenko A. A., Smelov A. P., Berezkin V. I., Popov N. V. Geologiya i genezis dokembriiskikh zolotonosnykh metabazitov tsentral'noi chasti Aldano-Stanovogo shchita [Geology and genesis of Precambrian gold-bearing metabasites of the central part of the Aldan-Stanovoy shield], Yakutsk, IGABM SO RAN Publ., 2010, 148 p.
14. Kuznetsov V. S., Petrov S. V. Veshchestvennyi sostav i geneticheskie osobennosti blagorodnometall'noi mineralizatsii v mezhrudnykh slantsakh kurskoi serii KMA

- [Material composition and genetic features of noble metal mineralization in the inter-ore shale of the Kursk KMA series], *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya, geografiya* [Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. Geology, geography], 2014, V. 4, pp. 37–51. (In Russ.).
15. Larionova Yu. O., Samsonov A. V., Shatagin K. N., Nosova A. A. Izotopno-geokhronologicheskie svidetel'stva paleoproterozoiskogo vozrasta zolotorudnoi mineralizatsii v arkhaiskikh zelenokamennykh poiyasakh Karelii (Baltiiskii shchit) [Isotope-geochronological evidence of the Paleoproterozoic age of gold mineralization in the Archean greenstone belts of Karelia (Baltic shield)], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2013, V. 55, No 5, pp. 374–396. (In Russ.).
 16. Mironov A. G., Spiridonov A. M., Zhmodik S. M. Osnovnye etapy i geodinamicheskie obstanovki formirovaniya zolotorudnykh mestorozhdenii yuzhnogo obramleniya Sibirskogo kratona [The main stages and geodynamic settings of the formation of gold deposits in the southern framing of the Siberian craton], *Zolotorudnye mestorozhdeniya Vostoka Rossii: Trudy III Vserossiiskogo simpoziuma "Zoloto Sibiri i Dal'nego Vostoka: geologiya, geokhimiya, tekhnologiya, ekonomika, ekologiya"* (Ulan-Ude, 21–25 sentyabrya 2004 g.) [Gold ore deposits of the East of Russia. Proceedings of the III All-Russian Symposium "Gold of Siberia and the Far East: geology, geochemistry, technology, economics, ecology" (Ulan-Ude, September 21–25, 2004)], Magadan, SVNTs DVO RAN Publ., 2006, pp. 17–31. (In Russ.).
 17. Nekrasov E. M. Zarubezhnye endogennye mestorozhdeniya zolota [Foreign endogenous gold deposits], Moscow, Nedra Publ., 1988, 286 p.
 18. Rannii dokembrii Baltiiskogo shchita [Early Precambrian Baltic Shield], St. Petersburg, Nauka Publ., 2005, 711 p.
 19. Rozen O. M., Andreev V. P., Belov A. N., Bibikova E. V., Zlobin V. L., Lyapunov S. M., Milanovskii S. Yu., Nozhkin A. D., Rachkov V. S., Sonyushkin V. E., Sukhanov M. K., Shakhot'ko L. I. Arkhei Anabarskogo shchita i problemy rannei evolyutsii Zemli [Archean of the Anabar Shield and the Problems of the Early Evolution of the Earth], Moscow, Nauka Publ., 1988, 253 p.
 20. Rundkvist D. V., Mints M. V., Larin A. M. [et al.] Metallogeniya ryadov geodinamicheskikh obstanovok rannego dokembriya, Moscow, MPR RF, RAN, GeoKart Publ., RosGeo Publ., 1999, 399 p.
 21. Safonov Yu. G., Vasudev V. N., Srinivasan R. Zolotorudnoe pole Kolar (Indiya), Moscow, Nauka Publ., 1988, 132 p.
 22. Sobolev A. P. Mezozoiskie granitoidy Severo-Vostoka SSSR i problemy ikh rudonosnosti [Mesozoic granitoids of the North-East of the USSR and the problems of their ore content], Moscow, Nauka Publ., 1989, 248 p.
 23. Sher S. D. Metallogeniya zolota (Evraziya, Afrika, Yuzhnaya Amerika) [Gold metallogeny (Eurasia, Africa, South America)], Moscow, Nedra Publ., 1974, 256 p.
 24. Sher S. D. Metallogeniya zolota (Severnaya Amerika, Avstraliya, Okeaniya) [Gold metallogeny (North America, Australia, Oceania)], Moscow, Nedra Publ., 1972, 295 p.
 25. Anderson M. O., Lentz D. R., McFarlane C. M., Falck H. A geological, geochemical and textural study of a LCT pegmatite: implications for the magmatic versus metasomatic origin of Nb–Ta mineralization in the Moose II pegmatite, Northwest Territories, Canada, *Journal of Geosciences*, 2013, V. 58, pp. 299–320.
 26. Bleeker W., Hall B. The Slave craton: geological and metallogenic evolution, *Mineral deposits of Canada: synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces and exploration methods. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication*, 2007, No 5, pp. 849–879.
 27. Boyle R. W. Origin of Yellowknife gold deposits, *Economic Geology*, 1964, V. 59, pp. 1176–1177.
 28. Bucholz C. E., Spencer C. J. Strongly Peraluminous Granites across the Archean–Proterozoic Transition, *Journal of Petrology*, 2019, V. 60, No 7, pp. 1299–1348.
 29. Colvine A. C., Fyon J. A., Heather K. B., Marmont S., Smith P. M., Troop D. G. Archean Lode Gold Deposits in Ontario, *Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 139, Ministry of Northern Development and Mines*, 1988, 138 p.
 30. Davis W. J., Bleeker W. Timing of plutonism, deformation, and metamorphism in the Yellowknife Domain, Slave Province, Canada, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1999, V. 36, pp. 1169–1187.
 31. Hagemann S. G., Cassidy K. F. Archean Orogenic Lode Gold Deposits, *Society of Economic Geologist Reviews*, 2000, V. 13, pp. 9–68.
 32. Kretz R., Loop J., Hatree R. Petrology and Li-Be-B geochemistry of muscovite-biotite granite and associated pegmatite near Yellowknife, Canada, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 1989, V. 102, No 2, pp. 174–190.
 33. Mercier-Langevin P., Houle M. G., Dube B., Monecke T., Hannington M. D., Gibson H. L., Goutier J. A Special Issue on Archean Magmatism, Volcanism, and Ore Deposits: Part 1. Komatiite-Associated Ni-Cu-(PGE) Sulfide and Greenstone-Hosted Au Deposits. Preface, *Economic geology and the bulletin of the Society of Economic Geologists*, 2012, V. 107, No 5, pp. 745–753.
 34. Mueller A. G., Lawrence L. M., Muhling J., Pooley G. D. Mineralogy and PTX Relationships of the Archean Hannan South Au-Cu (Co-Bi) Deposit, Kalgoorlie, Western Australia: Thermodynamic Constraints on the Formation of a Zoned Intrusion-Related Skarn, *Economic Geology*, 2012, V. 107, pp. 1–24.

35. Ootes L., Morelli R. M., Creaser R. A., Lentz B. R., Falck H., Davis W. J. The Timing of Yellowknife Gold Mineralization: a Temporal Relationship with Crustal Anatexis, *Economic Geology*, 2011, V. 106, pp. 713–720.
36. Padgham W. A. Turbidite-hosted gold-quartz veins in the Slave Structural Province, N.W.T., *Geological Association of Canada. Special Paper*, 1986, V. 32, pp. 119–134.
37. Percival J. A. Geology and Metallogeny of the Superior Province, Canada // Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces and Exploration Methods: Geological Association of Canada, *Mineral Deposits Division*, 2007, Special Publ., pp. 21–57.
38. Poulsen K. H., Robert F., Dube B. Geological classification of Canadian gold deposits, *Geological Survey of Canada Bulletin 540*, 2000, 106 p.
39. Shelton K. I., McMenamy T. D., Falck H. Deciphering the Complex Fluid History of a Greenstone-Hosted Gold Deposit: Fluid Inclusion and Stable Isotope Studies of the Giant Mine, Yellowknife, Northwest Territories, Canada, *Economic Geology*, 2009, V. 99, pp. 1643–1663.
40. Silke R. High-grade tales: stories from mining camps of the Northwest Territories, Canada, *Canarctic graphic Ltd.*, 2012, 76 p.
41. Stokes T. R., Zentilli M., Culshaw N. Structural and lithological controls of gold-bearing quartz-breccia zones in Archean metaturbidites, Gordon Lake, Northwest Territories, Canada, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1990, V. 27, No 12, pp. 1577–1589.
42. Stone D. Geology of the northern Superior area, Ontario, *Ontario Geological Survey. Open File Report 6140*, 2005, 94 p.
43. Vikent'eva O., Prokofiev V. Yu., Gamyarin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids, *Ore Geology Reviews*, 2018, V. 102, pp. 240–259, doi: 10.1016/j.oregeorev.2018.09.004
44. Wanless R. K., Boyle R. W., Lowdon J. A. Sulfur Isotope Investigations of the Gold-Quartz Deposits of the Yellowknife District, *Economic Geology*, 1960, V. 55, pp. 1591–1621.

GENETIC CLASSIFICATION OF ARCHEAN LODE GOLD DEPOSITS

A. N. Glukhov (PhD, senior researcher)

N. A. Shilo Northeastern Integrated Research Institute FEB RAS, Magadan

Main features of the Archean gold deposits spatial distribution are outlined. Geology and ore composition of two deposits within the Canadian shield distinguished by tectonic position and host rock lithology are described. Delineation of two separate genetic types of the Archean gold deposits, orogenic and granitoid-related, similar to Phanerozoic accretion-collision belts is validated on that basis.

Keywords: Archean gold deposits, craton, granite-greenstone terranes, orogenic, granitoid-related.





ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА КАК ПРЯМЫЕ ПРИЗНАКИ РУДНО-ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЙ РУДНОГО И РОССЫПНОГО ЗОЛОТА

Рассмотрены особенности распределения элементов-примесей в самородном золоте двух рудно-формационных типов месторождений золота. Определён типоморфный набор элементов для золото-полисульфидно-кварцевого и золотокварцевого малосульфидного оруденения. Предложены геохимические показатели для оценки рудно-формационной принадлежности самородного золота. Установлены различия в составе золота, обусловленные металлогенической специализацией региона. Получены данные о распределении в самородном золоте редкоземельных элементов, отражающие состав магматических пород, участвующих при формировании золото-полисульфидно-кварцевых месторождений.

Ключевые слова: элементы-примеси в самородном золоте, геохимические индикаторы.

Изучение состава самородного золота – одно из важнейших направлений при решении задач, связанных с типоморфизмом золота, и имеет большое практическое значение. Данные о составе можно получить, изучая комплексы типоморфных признаков самородного золота, в том числе элементов-примесей.

Классификация элементов-примесей в самородном золоте впервые предложена и впоследствии уточнена Н. В. Петровской, которая рассматривает распространение и концентрацию элементов-примесей как типоморфный признак и приводит данные об элементах-примесях в золоте трёх типов золоторудных месторождений: глубинных малосульфидных золотокварцевых, среднеглубинных умеренносульфидных золото-сульфидно-кварцевых и убогосульфидных малоглубинных [12].

Систематические исследования типоморфизма самородного золота, проводившиеся ЦНИГРИ на территории РФ и стран СНГ, сопровождались использованием количественного спектрального анализа золота на 15 элементов-примесей из навески 3–5 мг (чувствительность анализа $1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ %) [6]. Среди элементов были выделены основные примеси (Fe, Cu, Pb), второстепенные (Hg, As, Sb, Bi, Te, Ti), спорадические (Cr, Ni, Co, Pt, Pd, Mn, W, Sn).

Для анализа информативности типоморфных признаков золота, в частности состава элементов-примесей, при определении рудно-формационной принадлежности проявлений коренного и россыпного золота была проведена математическая обработка базы данных, включающей более 120 месторождений, в результате которой получены количественные оценки информационного веса каждого признака. Было установлено, что состав и набор элементов-примесей по данным спектрального

Миляев Сергей Анатольевич

кандидат геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник¹
milyaev@tsnigri.ru

Самосоров Георгий Германович

кандидат геолого-минералогических наук²

Яблокова Светлана Васильевна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник¹

Шатилова Людмила Викторовна

старший научный сотрудник¹
shatilova@tsnigri.ru

Позднякова Наталья Николаевна

кандидат геолого-минералогических наук
научный сотрудник¹
natali-silver@bk.ru

¹ ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», г. Москва

² Институт криминалистики Центра специальной техники ФСБ России, г. Москва

анализа оказались недостаточно информативными, главным образом из-за ограниченных возможностей метода [10].

Для более полной геохимической характеристики золота необходимо было использовать более чувствительные аналитические методы, позволяющие определять широкий спектр элементов-примесей и расширить круг изучаемых объектов.

Такую возможность дало применение приближенно-количественного масс-спектрометрического анализа с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Этот метод анализа был впервые применён Р. С. Вотлингом [17] для изучения элементов-примесей в самородном золоте месторождений разных регионов мира. Позднее Р. С. Вотлинг с коллегами использовали данный анализ для выявления состава золота рудных объектов Австралии [15].

Определение содержаний элементов-примесей в самородном золоте методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой начали проводиться в ЦНИГРИ с 2005 г. Для этого был использован способ предварительного химического разложения образца царской водкой с переводом золота и его примесей в раствор и последующим инструментальным определением элементов из раствора. Определение содержаний элементов выполнялось параллельно в растворах золота и в нулевой (холостой) пробе. Количественные определения Cu, Zn, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Te, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Pt проводились с использованием эталонных сплавов на золото-серебряных основах [10]. Анализы производились с помощью прибора «Элан 6100» фирмы «Перкин Элмер» на 70 химических элементов из 5 мг навески золота без видимых минеральных примесей. Предел обнаружения анализируемых содержаний для разных химических элементов 1–0,01 г/т.

Анализ 490 образцов рудного и россыпного золота методом ICP-MS позволил установить спектры элементов-примесей в самородном золоте трёх наиболее распространённых рудно-формационных типов золоторудных месторождений: золото-полисульфидно-кварцевом, золотокварцевом малосульфидном и золото-серебряном из разных золотоносных провинций и районов РФ [9]. Определён типоморфный набор элементов для золота каждого из типов. Впервые получены данные о распределении в самородном золоте редкоземельных, редких щелочных и щёлочноземельных

элементов. Установлены различия в составе самородного золота, обусловленные региональными металлогеническими особенностями золотоносных провинций [7, 8, 16].

Ниже приводятся новые данные о распределении элементов-примесей в самородном золоте золоторудных провинций и районов РФ, ранее не включённых в рассмотрение или представленных ограниченным числом образцов. Анализы 170 образцов золота методом ICP-MS выполнялись в Казанском федеральном университете.

Состав элементов-примесей в золоте изучался для двух рудно-формационных типов золоторудных месторождений: золото-полисульфидно-кварцевого и золотокварцевого малосульфидного. Месторождения данных типов – основной источник россыпного золота.

Золото-полисульфидно-кварцевые месторождения представляют собой классические плутоногенно-гидротермальные месторождения, связанные с гранитоидными интрузиями. Они широко распространены в складчатых областях фемического и сиало-фемического профиля, а также в структурах тектоно-магматической активизации с глубинным базитовым субстратом [14]. Оруденение представлено кварцевыми и кварц-карбонат-сульфидными жилами, жильно-прожилковыми зонами и штокверками, сульфидными залежами в карбонатных породах. К типовым особенностям оруденения относятся: интенсивные околорудные изменения березит-лиственитового типа, повышенная и высокая сульфидность руд (не менее 10 %), разнообразие состава рудной минерализации, в том числе широкое развитие минералов висмута; хорошо выраженные стадийность, а также вертикальная и латеральная минеральные зональности и неоднократное отложение самородного золота в процессе рудообразования.

На территории РФ основными районами распространения месторождений этого типа являются герциниды восточного склона Урала, каледониды Алтае-Саянской складчатой области, мезозоиды Сихотэ-Алиня в Приморье, зоны мезозойской тектоно-магматической активизации складчатых сооружений Монголо-Охотского пояса (Забайкалье, Верхнее Приамурье), а также Алданского щита Сибирской платформы.

Золотокварцевые малосульфидные месторождения распространены в складчатых областях мио-

геосинклинального типа развития в структурах сиалического профиля. Связь этих месторождений с гранитоидным магматизмом не так очевидна, как для месторождений предыдущего типа. Золото-кварцевые малосульфидные месторождения локализованы в слабометаморфизованных (не выше зеленосланцевой фации) терригенных и карбонатно-терригенных углеродсодержащих толщах, нередко на значительном удалении от интрузивных массивов и вне видимой связи с ними. В отдельных провинциях они частично связаны с малыми доботолитовыми интрузиями диоритового состава и относятся некоторыми исследователями к самостоятельному рудно-формационному типу [3]. Оруденение представлено жилами (в том числе седловидными) и жильными телами, мощными и протяжёнными жильными и жильно-прожилковыми зонами и мегаштокверками. Оно характеризуется, в отличие от золото-полисульфидно-кварцевых месторождений, простым, монотонным, выдержанным на глубину существенно-кварцевым составом с незначительным (не более первых процентов) содержанием сульфидов, главным образом пирита и арсенопирита.

На территории РФ золото-кварцевые месторождения широко распространены в байкалидах

Енисейского кряжа и Ленского района, а также в мезозоидах Верхояно-Чукотской области.

Основными отличительными особенностями объектов золото-полисульфидно-кварцевого типа являются повышенные содержания в золоте Bi, Cu, Te, Se, Pb, Sb, редкоземельных элементов (лантан и лантаноиды) [16]. Для золота месторождений золото-кварцевого малосульфидного типа характерны повышенные содержания As, W, Sr, Ba, Rb, Cs – элементов с повышенными кларками в глинистых сланцах [13]. На рис. 1 представлена гистограмма распределения средних геометрических содержаний элементов-примесей в золоте объектов золото-полисульфидно-кварцевого и золото-кварцевого малосульфидного типов, построенная по результатам анализа 170 образцов самородного золота.

Установлено, что абсолютные содержания ряда элементов-примесей в самородном золоте во многом зависят от металлогенической специализации золотороссыпных провинций. Например, Уральская и Алтайская характеризуются самыми высокими содержаниями меди; Южно-Енисейская и Восточно-Забайкальская – свинца; Тывинская – цинка. Аномально высокие содержания U и Th отмечены в самородном золоте Приаргунского

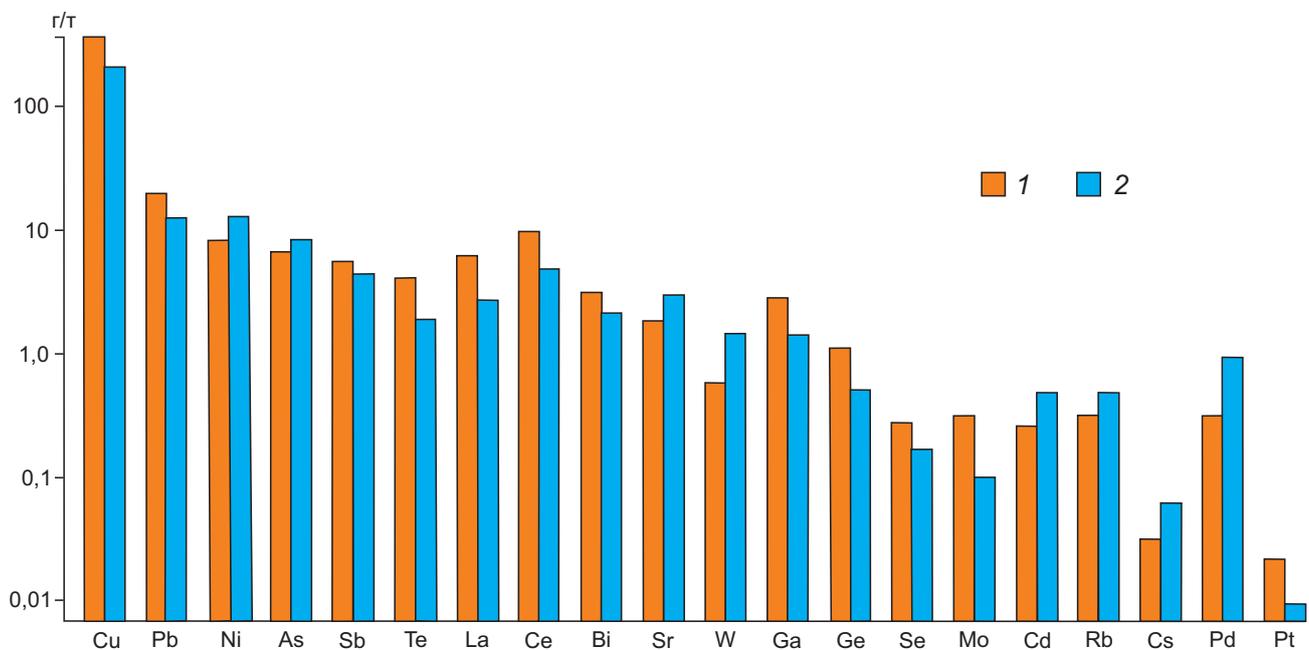


Рис. 1. ГИСТОГРАММА СРЕДНИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СОДЕРЖАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В САМОРОДНОМ ЗОЛОТЕ ЗОЛОТО-ПОЛИСУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОГО (1) И ЗОЛОТОКВАРЦЕВОГО МАЛОСУЛЬФИДНОГО (2) ТИПОВ

золотороссыпного района Восточного Забайкалья в пределах Монголо-Приаргунского вулканического пояса, в краевой части которого расположен Стрельцовский урановорудный район с 30 % общих запасов урана РФ.

Как показали исследования состава золота на рентгеноспектральном микроанализаторе, элементы-примеси в нём распределены неравномерно. Это подтверждается также сопоставлением содержаний элементов-примесей в самородном золоте по данным ICP-MS анализа в 39 одноимённых образцах золота массой 300 и 50 мг, которое показывает, что отклонения содержаний микроэлементов в среднем имеют пятикратное значение.

Неравномерное распределение обусловлено весьма разнообразными формами вхождения элементов-примесей в самородное золото. Золото может формировать твёрдые растворы, в которых атомы золота замещаются в узлах кристаллической решётки атомами другого элемента; к непрерывному ряду твёрдых растворов относится Au-Ag, Au-Cu. Известны многочисленные интерметаллиды золота, образующиеся в результате процессов сплавления, конденсации флюидов или взаимной диффузии. Интерметаллические связи золото образует с Cu, Pt, Pd, Sn, Sb, Ni и другими элементами. В зависимости от формационного типа в золоте могут присутствовать минеральные включения или сростки с минералами, находящимися с ним в парагенетической ассоциации: алтаита (PbTe), теллурувисмутита (Bi_2Te_3), тетрадимита (Bi_2Te_2S), буланжерита ($Pb_5Sb_4S_{11}$), арсенипирита, галенита и целого ряда других минералов. Благодаря высокой пластичности и мягкости на поверхности золота могут фиксироваться микроскопические обломки шлиховых минералов, характерных для данной территории. В ряде образцов золота отмечаются резко повышенные содержания циркония, гафния, урана, тория, входящих в состав циркона (Zr, Hf, U, Th) SiO_4 , ниобия и тантала в виде колумбита и танталита, вольфрама в виде шеелита, олова в виде касситерита.

В природных объектах наблюдаемые распределения признаков являются следствием воздействия бесконечного множества разнообразных факторов, учесть влияние которых практически невозможно из-за сложного характера их взаимодействия. Наиболее приемлемым для классификации самородного золота по элементам-примесям является корреляционный анализ, позволяющий

совместно рассматривать распределения большого числа статистически взаимосвязанных химических элементов.

Проведённый корреляционный анализ позволил установить значимые положительные корреляционные связи для отдельных пар химических элементов. В объектах золото-полисульфидно-кварцевого формационного типа положительные корреляционные зависимости образуют Ga-Ge, Bi-Te, Pb-Sb, Cu-Se, Pb-Bi, Bi-Sb. Для ряда месторождений золотокварцевого малосульфидного формационного типа отмечены корреляционные связи As-Rb, Rb-Cs, W-Pd. Для количественного выражения сходства и различия между этими типами были вычислены значения геохимических показателей, сформированных из пар корреляционно зависимых химических элементов.

На рис. 2 приведена двумерная характеристика изученных золотороссыпных провинций в координатной плоскости мультипликативных геохимических показателей $Cu \times Se$ и $Ga \times Ge$. При наличии характерных различий совокупность

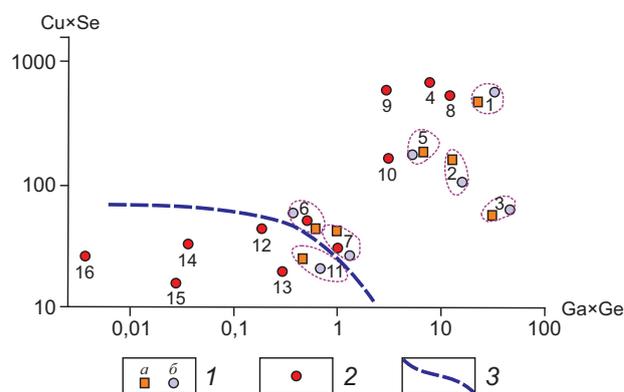


Рис. 2. ДИАГРАММА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ ЗОЛОТА ПО СРЕДНИМ ЗНАЧЕНИЯМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ $Cu \times Se$ И $Ga \times Ge$:

1 – одноимённые образцы (а – масса 300 мг, б – масса 50 мг); 2 – разноимённые образцы массой 50 мг; 3 – кривая, разделяющая объекты золотокварцевого и золото-полисульфидно-кварцевого типов; золотороссыпные провинции и районы: 1 – Алтайский край, 2 – Кемеровская область (Полуденный), 3 – Южно-Енисейский район, 4 – Забайкальский край, 5 – юг Красноярского края, 6 – Р.Хакасия, 7 – Р.Тыва, 8 – Урал, 9 – Новосибирская область, 10 – Кемеровская область, 11 – Северо-Енисейский район, 12 – Таймыр, 13, 14 – Центральная Колыма (13 – Чай-Урья, 14 – Наталка), 15 – Чукотка, 16 – Ленский район (Догалдын)

объектов золото-полисульфидно-кварцевого типа располагается в диапазонах показателей $Cu \times Se - 40-640$, $Ga \times Ge - 0,6-50$. Самородное золото объектов золотокварцевого малосульфидного типа характеризуется относительно пониженными содержаниями Cu , Se , Ga , Ge . На диаграмме они расположены в интервалах значений геохимических показателей $Cu \times Se - 14-45$, $Ga \times Ge - 0,0024-0,9$.

Объекты Хакасии и Тывы на рис. 2 располагаются близко друг к другу. Вместе с тем они существенно отличаются по распределению других элементов-примесей. На рис. 3 приведены средние геометрические содержания для наиболее значимо различающихся по содержаниям элементов-примесей в золоте. Наиболее контрастные различия отмечаются для Bi , Te , Pb , Sb . На рис. 4 отражено положение изученных образцов золота в координатной плоскости $Pb \times Sb$ и $Bi \times Te$. Образцы Хакасии заключены в достаточно узкий интервал значений показателя $Bi \times Te$ (среднее значение 3,5). Для объектов Тывы значения этого показателя значительно выше (370). Менее контрастные различия состава самородного золота проявлены при рассмотрении значений показателя $Pb \times Sb$: средние значения для Хакасии 490, для Тывы – 62.

Полученные данные позволяют предложить ряд геохимических показателей $Ga \times Ge$; $Bi \times Te$; $Pb \times Sb$; $Cu \times Se$; $Pb \times Bi$; $Bi \times Sb$, $As \times Rb$; $W \times Pd$, составленный из пар корреляционно зависимых химических элементов, количественно характеризующих сходство и различия между формационными типами рудных и россыпных проявлений золота.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) являются чувствительными геохимическими индикаторами природных геологических процессов. Самые высокие содержания РЗЭ в самородном золоте характерны для золото-полисульфидно-кварцевых – плутоногенно-гидротермальных месторождений, тесно связанных с гранитоидными интрузивами [7]. Гранитоидная магма является основным генерирующим субстратом РЗЭ. Процессу накопления РЗЭ способствует повышенная щёлочность гранитоидной магмы [1, 11].

В самородном золоте установлена прямая зависимость между $\Sigma РЗЭ$ и отношением лёгких лантаноидов к тяжёлым. На рис. 5 приведена диаграмма, показывающая зависимость La/Er от суммы

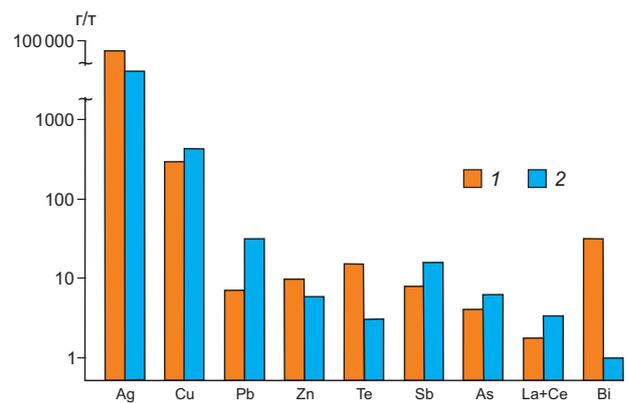


Рис. 3. СРЕДНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ЗОЛОТЕ РЕСПУБЛИК ТЫВА (1) И ХАКАСИИ (2)

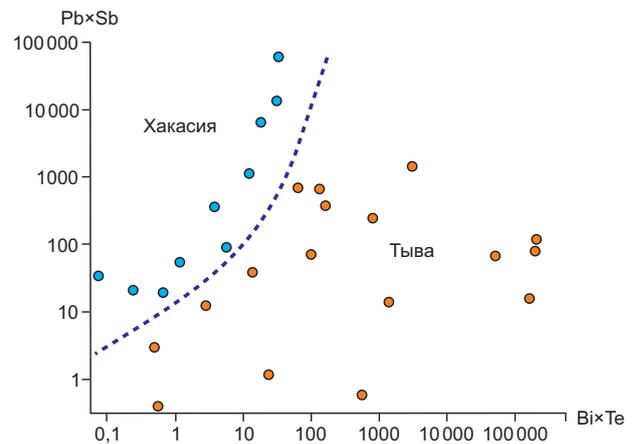


Рис. 4. ДВУМЕРНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТА РЕСПУБЛИК ТЫВА И ХАКАСИИ В КООРДИНАТАХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ $Pb \times Sb$ И $Bi \times Te$

содержаний РЗЭ в самородном золоте. Не рассматривался Pm , который не имеет стабильных изотопов, а также Tm , Yb , Lu – крайние члены ряда с содержаниями, близкими к пределам их обнаружения. Все золото-полисульфидно-кварцевые объекты сосредоточены в правом верхнем углу диаграммы, объекты золотокварцевого малосульфидного типа расположены в левом нижнем углу.

Относительное увеличение содержаний лёгких лантаноидов с ростом суммы содержаний РЗЭ в самородном золоте подтверждается полем корреляции La/Er и $\Sigma РЗЭ$, отмеченном в золотороссыпных узлах Забайкальского края (рис. 6).

Магматические породы по химическому составу разделяются на фемические – тёмноцветные, содержащие много магния и железа, и салические – светлоокрашенные, содержащие много кремния и алюминия. Главная масса лёгких лантаноидов сосредоточена в светлоокрашенных ми-

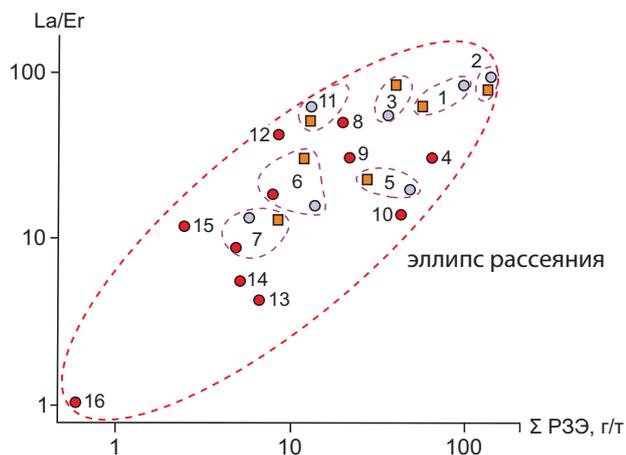


Рис. 5. ДИАГРАММА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ ЗОЛОТА ПО СРЕДНИМ ЗНАЧЕНИЯМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ La/Er И Σ PЗЭ:
усл. обозн. см. рис. 2

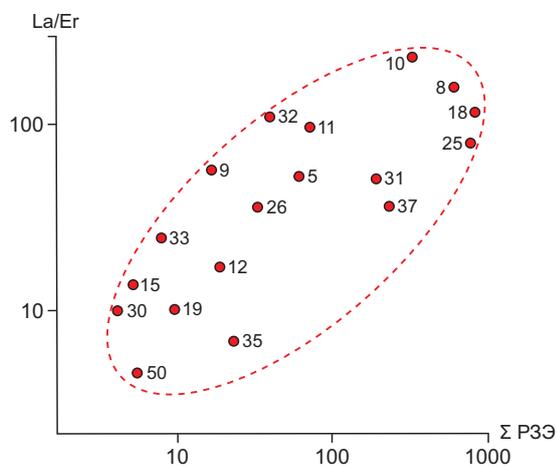


Рис. 6. КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ La/Er И Σ PЗЭ В ЗОЛОТЕ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ:

золотороссыпные узлы: 5 – Бухта-Черемнинский, 8 – Верхне-Амазарский, 9 – Могоча-Амазарский, 10 – Итакинский, 11 – Урюмский, 12 – Горбица-Желтугинский, 15 – Карийский, 18 – Будюмканский, 19 – Дарасунский, 25 – Кручининский, 26 – Кия-Ингодинский, 30 – Быстринско-Лугиинский, 31 – Балейско-Казаковский, 32 – Аргалей-Цаган-Челутайский, 33 – Тура-Оленгуйский, 35 – Шахтаминский, 37 – Борзинский, 50 – Бальджиканский

нералах, и, наоборот, основная доля тяжёлых лантаноидов отмечается в тёмноцветных минералах [1]. Гранитоидная магма по мере перехода от кислых разностей к средним будет обогащаться тяжёлыми PЗЭ, а ΣPЗЭ и отношение La/Er будут закономерно падать.

Различия в петрохимическом составе гранитоидной магмы отчётливо видны на графиках нормированных содержаний PЗЭ в золоте Забайкальского края. Золотороссыпные узлы 8, 10, 25 преимущественно развиваются на площади интрузивных пород кислого состава с падением содержаний в сторону тяжёлых PЗЭ (рис. 7). Узлы 15, 19, 30 локализованы в зонах контактов массивов гранитоидов с породами среднего состава, для которых отмечается относительный рост содержаний тяжёлых PЗЭ в самородном золоте. На рисунке также отмечаются минимумы и максимумы Eu. Причинами появления отрицательных и положительных аномалий Eu являются его фракционирование в полевых шпатах и изменение валентности. Минимум Eu связан с избирательной концентрацией Eu^{+2} полевыми шпатами при их кристаллизации при температурах 500–800° [11]. При более низких температурах в окислительной обстановке Eu^{+2} меняет валентность на Eu^{+3} с переходом в твёрдую фазу [1]. Именно этим объясняется максимум Eu в золоте Карийского золотороссыпного узла (15). Формирование золоторудных объектов Карийского рудного поля, являющегося основным источником россыпей, проходило в окислительной обстановке с перераспределением рудного вещества при наложении поздних аргиллитов на рудоносные березиты [5].

Относительное содержание δEu может отражать и другие петрохимические особенности гранитоидов. Определяется оно по формуле:

$\delta Eu = [Eu] / [Eu]^*$, где [Eu] – измеренное содержание европия, $[Eu]^*$ – геометрическое содержание по концентрациям Sm и Gd [1], рассчитывается как среднее.

Натриевые гранитоиды обладают повышенной концентрацией европия $\delta Eu > 1$, в то время как калиевые гранитоиды далеко не всегда обогащаются европием, их относительные содержания чаще всего расположены в интервалах ниже единицы ($\delta Eu < 1$) [2]. Такая же зависимость отмечается в самородном золоте, а именно – обратная корреляция между степенью обогащения гранитоид-

дов δEu и отношением Rb/Sr. В данном случае Rb рассматривается как геохимический аналог калия, а Sr – натрия. На рис. 8 приведены данные по распределению Rb/Sr и δEu в самородном золоте рудных узлов Забайкальского края.

Важность изучения распределения РЗЭ обусловлена особенностями их фракционирования в магматическом и осадочном процессах. Неоднородность распределения и поведения РЗЭ в процессах выплавления первичных магм и их фракционной кристаллизации, а также разделение РЗЭ при формировании коры выветривания, переносе РЗЭ природными водами и в ходе континентального осадкообразования в разных тектонических условиях [1] находят своё отражение в первичном накоплении и перераспределении РЗЭ в самородном золоте.

Отличительный признак золота связан с особенностями распределения в нём ассоциаций РЗЭ, редких щелочных и щёлочноземельных элементов. Рассчитанные коэффициенты частной корреляции [4] показали наличие положительных корреляционных связей между щёлочноземельными и редкими щелочными элементами. Значимые положительные корреляционные связи отмечены для Rb–Cs, Sr–Ba, Sr–Cs, Ba–Rb [7]. Щёлочноземельные и редкие щелочные элементы имеют повышенные содержания в некоторых типах осадочных пород, главным образом в глинах и глинистых сланцах континентов [13]. В качестве элементов-примесей они доминируют в самородном золоте золото-кварцевых малосульфидных месторождений (см. рис. 1).

Для сравнения объектов двух рудно-формационных типов предложен геохимический коэффициент $Rb \times Cs \times Sr \times Ba / La \times Ce \times Pr \times Nd$, числитель которого сформирован из щелочных и щёлочноземельных элементов, знаменатель – из редкоземельных элементов (РЗЭ). Выбранный коэффициент характеризуется большим размахом – более чем в $1 \cdot 10^6$ раз, что существенно превышает любые погрешности ICP-MS анализа. На рис. 9 приведена гистограмма значений этого коэффициента для объектов золото-полисульфидно-кварцевого и золотокварцевого малосульфидного типов. Интервал значений геохимического коэффициента для объектов золото-полисульфидно-кварцевого типа составил $1 \cdot 10^{-3}n - 1 \cdot 10^{-5}n$, для золото-кварцевого малосульфидного – $1 \cdot 10^{-3}n - 10n$.

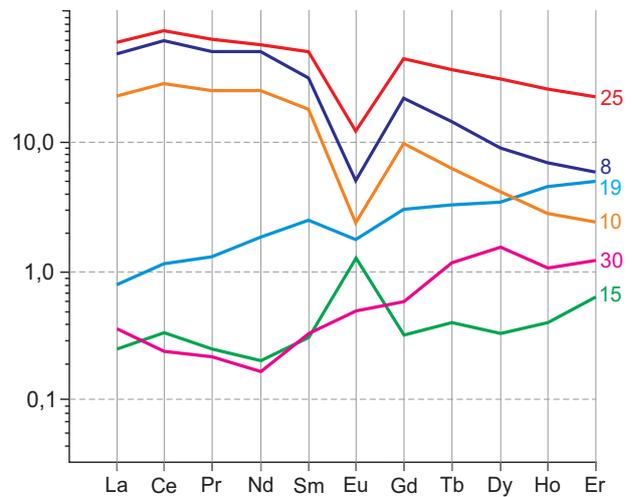


Рис. 7. НОРМИРОВАННЫЕ СОДЕРЖАНИЯ РЗЭ В САМОРОДНОМ ЗОЛОТЕ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ:

усл. обозн. см. рис. 2

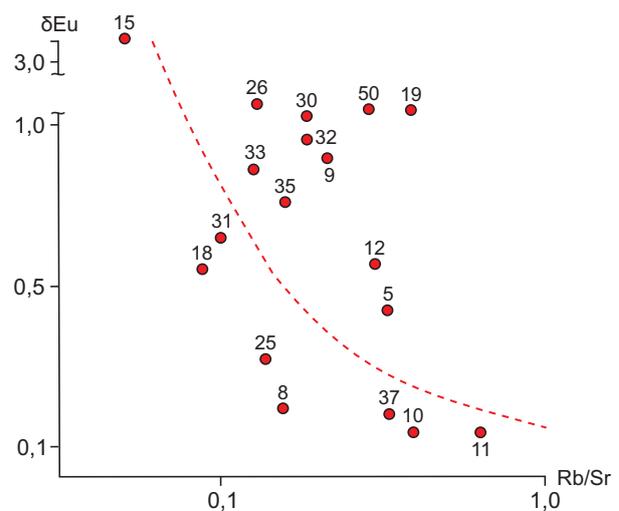


Рис. 8. КОРРЕЛЯЦИЯ ВЕЛИЧИН δEu И Rb/Sr В ЗОЛОТЕ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ:

усл. обозн. см. рис. 6

Выводы.

1. С помощью высокочувствительного приближенно-количественного ICP-MS анализа установлен широкий спектр элементов-примесей в самородном золоте двух рудно-формационных типов золоторудных месторождений из разных золотоносных провинций и районов РФ, представляющих самостоятельный промышленный интерес.

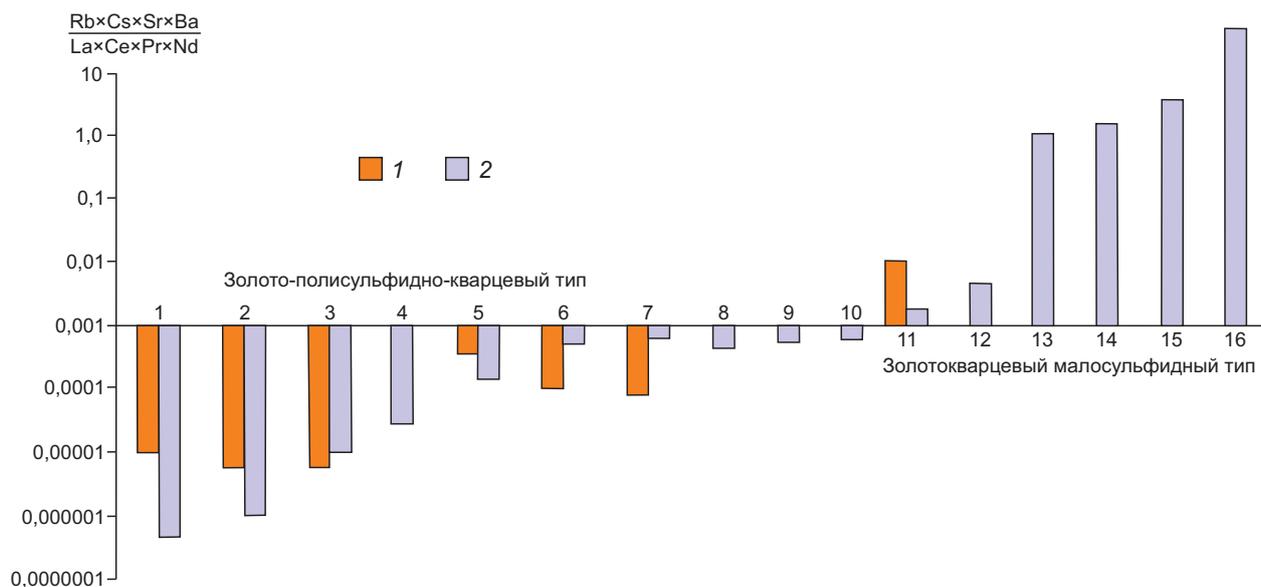


Рис. 9. ГИСТОГРАММА ЗНАЧЕНИЙ ГЕОХИМИЧЕСКОГО КОЭФИЦИЕНТА $Rb \times Cs \times Sr \times Ba / La \times Ce \times Pr \times Nd$ ДЛЯ ЗОЛОТО-РОССЫПНЫХ ПРОВИНЦИЙ И РАЙОНОВ РФ:

1 – навеска массой 300 мг; 2 – навеска массой 50 мг; остальные усл. обозн. см. рис. 2

2. Определён типоморфный набор элементов для каждого из типов месторождений. Золото-полисульфидно-кварцевые объекты характеризуются повышенными содержаниями в золоте Bi, Cu, Te, Pb, Se, Sb, группы PЗЭ (лантан и лантаноиды), золотокварцевые малосульфидные – повышенными содержаниями As, W, Rb, Cs, Sr, Ba.

3. Для количественного выражения сходства и различия между рудно-формационными типами объектов предложены геохимические показатели, составленные из пар корреляционно зависимых химических элементов: Ga x Ge, Bi x Te, Pb x Sb, Cu x Se, Pb x Bi, Bi x Sb, As x Rb, Rb x Cs, W x Pd.

4. Важной характеристикой рудно-формационной принадлежности объектов служат особенности распределения в самородном золоте щёлочноземельных, редких щелочных и редкоземельных элементов. Надёжным геохимическим индикатором является коэффициент $Rb \times Cs \times Sr \times Ba / La \times Ce \times Pr \times Nd$, принимающий значения $1 \cdot 10^{-3}n - 1 \cdot 10^{-5}n$ для золото-полисульфидно-кварцевых месторождений и $1 \cdot 10^{-3}n - 10n$ – для золотокварцевых малосульфидных объектов.

5. Получены новые данные о распределении в самородном золоте PЗЭ. Установленные зависимости между $\Sigma PЗЭ$ и La/Er, Rb/Sr и δEu могут от-

ражать состав магматических пород, участвующих при формировании золото-полисульфидно-кварцевых месторождений Забайкальского края.

6. Установлены различия в составе золота, обусловленные региональной металлогенической специализацией регионов. Уральская и Алтайская золотоносные провинции характеризуются самыми высокими абсолютными содержаниями меди, Южно-Енисейская и Восточно-Забайкальская – свинца, Тывинская – цинка. Аномально высокие содержания урана и тория отмечены в самородном золоте Восточного Забайкалья в пределах Стрельцовского урановорудного района.

7. Повышение геологической эффективности при использовании элементов-примесей в качестве классификационного признака возможно путём дальнейшего накопления данных об их распределении в самородном золоте. Данные о геохимических особенностях самородного золота позволяют судить о рудно-формационной принадлежности проявлений коренного и россыпного золота на ранних стадиях геологоразведочного процесса. Данные изучения геохимических особенностей самородного золота могут быть также использованы при криминалистических исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балашов Ю. А. Геохимия редкоземельных элементов. – М.: Наука, 1976. – 266 с.
2. Балашов Ю. А. Изотопно-геохимическая эволюция мантии и коры Земли. – М.: Наука, 1985. – 221 с.
3. Волков А. В., Егоров В. Н., Прокофьев В. Ю., Сидоров А. А., Горячев Н. А., Бирюков А. В. Месторождения золота в дайках Яно-Колымского пояса // Геология рудных месторождений. – 2008. – Т. 50, № 4. – С. 311–337.
4. Воробьев С. А. Информатика. Математическая обработка геолого-геохимических данных. – Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2016. – 266 с.
5. Золоторудные месторождения СССР в 5 тт. Т. 4. Геология золоторудных месторождений Востока СССР. – М.: ЦНИГРИ, 1988. – 264 с.
6. Ланцев И. П., Денисова Л. К. Элементы-примеси в золоте // Инструкция №141-с НСАМ. – М.: ВИМС, 1976. – 41 с.
7. Некрасова А. Н., Николаева Л. А., Миляев С. А., Яблокова С. В. Первые данные о распределении R3Э, Li, Rb, Cs, Sr, Ba в самородном золоте месторождений основных золотоносных провинций России // Доклады Российской академии наук. – 2010. – Т. 432, № 5. – С. 660–663.
8. Николаева Л. А., Миляев С. А., Яблокова С. В. Новые данные по геохимии самородного золота в месторождениях различных формаций // Материалы всероссийской конференции, посвященной столетию Н. В. Петровской. – М.: ИГЕМ РАН, 2010. – Т. II. – С. 103–105.
9. Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н., Яблокова С. В., Шатилова Л. В. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России: Атлас. – М.: Аквапель, 2015. – 200 с.
10. Николаева Л. А., Некрасова А. Н., Чижова И. А., Яблокова С. В. Количественная оценка типоморфных признаков самородного золота различных золоторудных формаций // Руды и металлы. – 1995. – № 5. – С. 20–25.
11. Перетяжко И. С., Савина Е. А. Тетра-эффекты в спектрах распределения редкоземельных элементов гранитоидных пород как индикатор процессов фторидно-силикатной жидкостной несмесимости в магматических системах // Петрология, 2010. – Т. 18, № 5. – С. 536–566.
12. Петровская Н. В. Самородное золото. – М.: Наука, 1973. – 347 с.
13. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / Под ред. А. П. Соловова. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
14. Фогельман Н. А., Константинов М. М., Курбанов Н. К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков // Отечественная геология. – 1995. – № 3. – С. 31–41.
15. Hancock E. A., Thorne A. M., Morris P. A., Watling R. J., Cutten H. N. C. Mineralogy and trace element chemistry of lode and alluvial gold from the western capricorn orogen / Centre for Forensic Science. Geological Survey of Western Australia // Record. – 2009. – № 6. – 30 p.
16. Nikolaeva L. A. [et al.] Type chemistries of native gold from deposits of various styles // 34th International geological congress, Brisbane, 2012, Australia. – 2012. – V. 4. – P. 105–109.
17. Watling R. S. [et al.] Gold fingerprinting by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry // Spectrochemical Acta. – 1994. – V. 49b, № 2. – P. 205–219.

REFERENCES

1. Balashov Yu. A. Geokhimiya redkozemel'nykh elementov [Geochemistry of rare earth elements], Moscow, Nauka Publ., 1976, 266 p.
2. Balashov Yu. A. Izotopno-geokhimicheskaya evolyutsiya mantii i kory Zemli [Isotope-geochemical evolution of the Earth's mantle and crust], Moscow, Nauka Publ., 1985, 221 p.
3. Volkov A. V., Egorov V. N., Prokof'ev V. Yu., Sidorov A. A., Goryachev N. A., Biryukov A. V. Mestorozhdeniya zolota v daikakh Yano-Kolym'skogo poyasa [Gold deposits in the dikes of the Yano-Kolyma belt], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2008, V. 50, No 4, pp. 311–337. (In Russ.).
4. Vorob'ev S. A. Informatika. Matematicheskaya obrabotka geologo-geokhimicheskikh dannykh [Informatics. Mathematical processing of geological and geochemical data], Barnaul, IP Kolmogorov I. A. Publ., 2016, 266 p.
5. Zolotorudnye mestorozhdeniya SSSR v 5 tt. T. 4. Geologiya zolotorudnykh mestorozhdenii Vostoka SSSR [Gold deposits of the USSR in 5 vols. V. 4. Geology of gold deposits in the East of the USSR], Moscow, TsNIGRI Publ., 1988, 264 p.

6. Lantsev I. P., Denisova L. K. Elementy-primesi v zolote [Elements-impurities in gold], *Instruktsiya №141-s NSAM* [Instruction No. 141-c NSAM], Moscow, VIMS Publ., 1976, 41 p.
7. Nekrasova A. N., Nikolaeva L. A., Milyaev S. A., Yablokova S. V. Pervye dannye o raspredelenii RZE, Li, Rb, Cs, Sr, Ba v samorodnom zolote mestorozhdenii osnovnykh zolotonosnykh provintsii Rossii [The first data on the distribution of REE, Li, Rb, Cs, Sr, Ba in native gold from deposits of the main gold-bearing provinces of Russia], *Doklady Rossiiskoi Akademii nauk* [Reports of the academy of Sciences], 2010, V. 432, No 5, pp. 660–663. (In Russ.).
8. Nikolaeva L. A., Milyaev S. A., Yablokova S. V. Novye dannye po geokhimii samorodnogo zolota v mestorozhdeniyakh razlichnykh formatsii [New data on the geochemistry of native gold in deposits of various formations], *Materialy vserossiiskoi konferentsii, posvyashchennoi stoletiyu N. V. Petrovskoi* [Materials of the All-Russian Conference dedicated to the centenary of N. V. Petrovskaya], Moscow, IGEM RAN Publ., 2010, V. II, pp. 103–105. (In Russ.).
9. Nikolaeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N., Yablokova S. V., Shatilova L. V. Samorodnoe zoloto rudnykh i rossypnykh mestorozhdenii Rossii : Atlas [Native gold from ore and placer deposits in Russia], Moscow, Akvarel' Publ., 2015, 200 p.
10. Nikolaeva L. A., Nekrasova A. N., Chizhova I. A., Yablokova S. V. Kolichestvennaya otsenka tipomorfnykh priznakov samorodnogo zolota razlichnykh zolotorudnykh formatsii [Quantitative assessment of typomorphic features of native gold of various gold-bearing formations], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 1995, No 5, pp. 20–25. (In Russ.).
11. Peretyazhko I. S., Savina E. A. Tetra-effekty v spektrakh raspredeleniya redkozemel'nykh elementov granitoidnykh porod kak indikator protsessov fluoridno-silikatnoi zhidkostnoi nesmesimosti v magmaticheskikh sistemakh [Tetra-effects in the distribution spectra of rare-earth elements of granitoid rocks as an indicator of fluoride-silicate liquid immiscibility in magmatic systems], *Petrologiya* [Petrology], 2010, V. 18, No 5, pp. 536–566. (In Russ.).
12. Petrovskaya N. V. Samorodnoe zoloto [Native gold], Moscow, Nauka Publ., 1973, 347 p.
13. Spravochnik po geokhimicheskim poiskam poleznykh iskopaemykh [Handbook of Geochemical Prospecting for Mineral Resources], Moscow, Nedra Publ., 1990, 335 p.
14. Fogel'man N. A., Konstantinov M. M., Kurbanov N. K. Printsipy sistematiki zolotorudnykh mestorozhdenii dlya prognoza i poiskov [Principles of taxonomy of gold deposits for forecasting and prospecting], *Otechestvennaya geologiya* [National Geology], 1995, No 3, pp. 31–41. (In Russ.).
15. Hancock E. A., Thorne A. M., Morris P. A., Watling R. J., Cutten H. N. C. Mineralogy and trace element chemistry of lode and alluvial gold from the western capricorn orogen, *Record*, 2009, No 6, 30 p.
16. Nikolaeva L. A. et al. Type chemistries of native gold from deposits of various styles, *34th International geological congress, Brisbane, 2012, Australia*, V. 4, pp. 105–109.
17. Watling R. S. et al. Gold fingerprinting by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry, *Spectrochemical Acta*, 1994, V. 49b, No 2, pp. 205–219.

GEOCHEMICAL FEATURES OF NATIVE GOLD AS DIRECT SIGNS OF ORE FORMATION LODE AND ALLUVIAL GOLD OCCURRENCE TYPES

S. A. Milyaev (PhD, leading researcher¹)

G. G. Samosorov (PhD²)

S. V. Yablokova (PhD, senior researcher¹)

L. V. Shatilova (senior researcher¹)

N. N. Pozdnyakova (PhD, researcher¹)

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

² FSS Center of Special Equipment Institute of Forensic Science, Moscow

The features of impurity element distribution in native gold of two ore formation gold deposit types are considered. A typomorphic set of elements for gold-polysulfide-quartz and gold-quartz low-sulfide mineralization is determined. Geochemical indicators for estimating ore formation types of native gold are offered. The differences in gold composition due to metallogenic specialization of regions are established. Data on the distribution of rare-earth elements in native gold are obtained, which allows to predict igneous rocks composition during gold-polysulfide-quartz deposit formation.

Keywords: impurity elements in native gold, geochemical indicators.





ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ УЧАСТКОВ ВЕРЕСОБОРСКОГО МАССИВА НА КОРЕННУЮ ПЛАТИНОВУЮ МИНЕРАЛИЗАЦИЮ, СРЕДНИЙ УРАЛ

Анализ статистически представительного материала литохимического опробования площади Вересоборского дунитового массива выявил группу коррелирующих химических элементов (Cr, Mn, Co, Ni, Bi, Sn, W, Zn), тренд накопления которых совпадает с трендом накопления Pt. Установленная закономерность позволяет предложить критерии сравнительной оценки продуктивности на коренную платиновую минерализацию локальных участков площадью 0,5–3 км² как в Вересоборском массиве, так и в его аналогах, сложенных породами качканарского комплекса (UO₃k) Урала.

Ключевые слова: коренная платиновая минерализация, дунит-клинопироксенит-габбровый качканарский комплекс, Вересоборский массив, Урал.

Вересоборский массив входит в Нижнетурьинский муниципальный округ. В юго-восточной части массива расположен посёлок Покап, а в 8 км к востоку от массива – посёлок Косья. В геоморфологическом плане массив представляет собой хребет Вересовый Бор меридионального простирания, средние абсолютные отметки рельефа которого последовательно снижаются в направлении с севера на юг от 550 до 330 м. Протяжённость массива 8,5 км, ширина 1,5 км.

Массив принадлежит к качканарскому дунит-клинопироксенит-габбровому комплексу (UO₃k), формирование которого, согласно Ю. А. Волченко [1], происходило в условиях островной дуги в процессе взаимодействия андезитовидных расплавов, поднимавшихся от субдукционной зоны с ультраосновными породами надсубдукционного мантийного клина. Большая часть Вересоборского массива сложена мелкозернистыми разностями дунитов, частично сменяющимися средне- и крупнозернистыми дунитами. Отдельные краевые участки массива составляют пироксениты и габбро. Вмещающие Вересоборский массив породы – метабазальты, аповулканогенные зелёные сланцы, углеродисто-кварцевые сланцы, углеродисто-слюдисто-кварцевые сланцы и кварцито-песчаники выйской свиты (O₂₋₃vs) (рис. 1).

В пределах Вересоборского массива компания АО «Урал-Металлы платиновой группы» провела разведку известного с прошлого века проявления платины – проявления Вершины Рек Средняя Простокишенка и Малая Покап. Разведочные работы выявили полого залегающее (10–17°) тело платиновой минерализации среди средне- и крупнозернистых дунитов (рис. 2). Протяжённость рудного тела по простиранию 240 м, по падению 140 м при мощности рудного тела 2–3 м. Среднее содержание Pt 2,51 г/т.

Мотов Андрей Павлович

кандидат геолого-минералогических наук
главный специалист дирекции
развития бизнеса
motovAP@plme.ru

Малах Юрий Ефимович

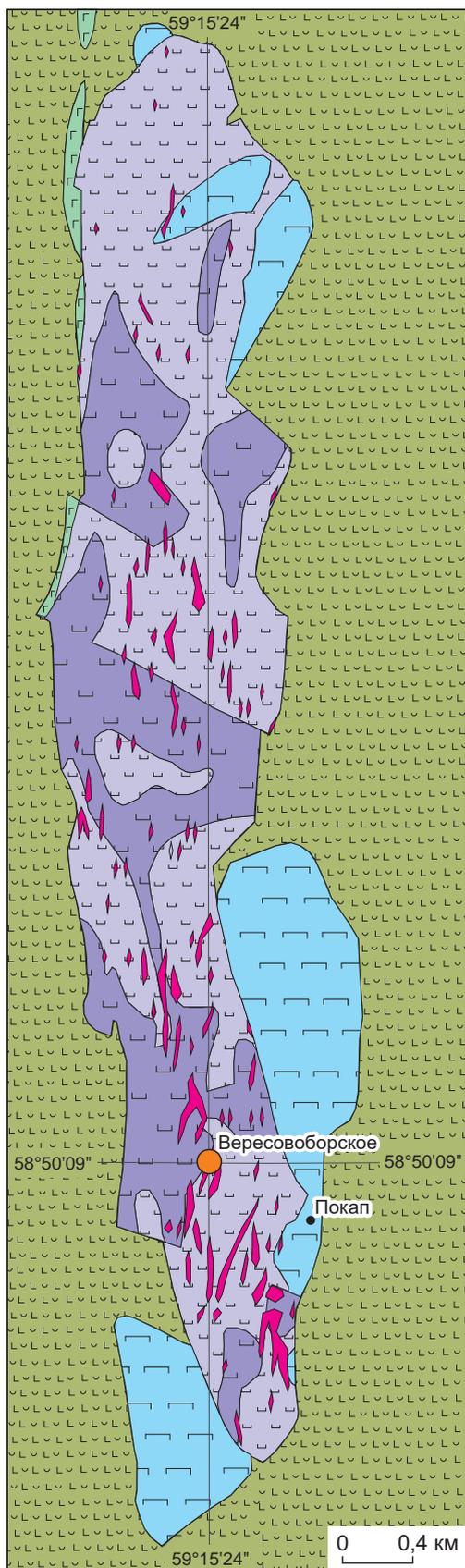
директор дирекции развития бизнеса
Malakh@plme.ru

АО «Полиметалл УК»,
г. Санкт-Петербург

УДК 553.491.1 (470.5)

© Мотов А. П., Малах Ю. Е., 2020

DOI: 10.47765/0869-5997-2020-10019



Разведанные запасы коренной платины в рамках ТЭО временных кондиций поставлены на государственный баланс, месторождение названо Вересовоборское. Вмещающие рудную минерализацию породы представлены умеренно серпентинизированными дунитами, состоящими из оливина (70–80 %), хромшпинелида (1–3 %), серпентина (лизардита) (20–30 %), хлорита (1–2 %). Хромшпинелид проявлен в форме рассеянной вкрапленности идиоморфных зёрен размером до 1–2 мм. Серпентин развивается по массе (петельчатая серпентинизация) и заполняет разноориентированные прожилки мощностью 0,05 мм и более. В прожилках серпентина встречаются хлорит и магнетит. Акцессорные минералы дунитов представлены гранатом (андрадитом), сульфидами железа и никеля (полидимит, кобальтсодержащий пентландит, пирит), гематитом, ферроплатиной.

Исследователи платиновой минерализации отмечали влияние уровня эрозионного среза массивов на насыщенность платиной изучаемой площади выхода дунитов качканарского комплекса [1–2, 5]. С учётом последовательно понижающегося рельефа хребта Вересовый Бор (разность высотных отметок южного и северного флангов – 220 м) для оценки отдельных частей массива эта площадь была условно разделена на четыре части сечениями широтного направления (рис. 3).

Геохимическая база данных по Вересовоборскому массиву, включающая аналитические данные по 4903 пробам, была получена в 2013–2014 гг. путём литохимического опробования подпочвенных пород. Принятая сеть опробования составляла 20 x 100 м. В пробу массой 200–300 г отбиралась мелкая фракция пород (< 1 мм) со средней глубины 20 см. Аналитические исследования бы-

Рис. 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ВЕРЕСОВОБОРСКОГО БАЗИТОВОГО МАССИВА С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ АНОМАЛИЯМИ ПЛАТИНЫ И ПЛАТИНОВЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЕМ ВЕРЕСОВОБОРСКОЕ:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

качканарский дунит-клинопироксенит-габбровый комплекс (uO_3k): 1 – габбро, 2 – пироксениты, 3 – дуниты среднезернистые, реже крупнозернистые, 4 – дуниты мелкозернистые; 5 – метабазалты, аповулканогенные зелёные сланцы, углеродисто-кварцевые и углеродисто-слюдисто-кварцевые сланцы, кварцитопесчаники вуйской свиты ($O_{2-3}vs$); 6 – аномалии платины ($\geq 0,1$ г/т); 7 – месторождение Вересовоборское

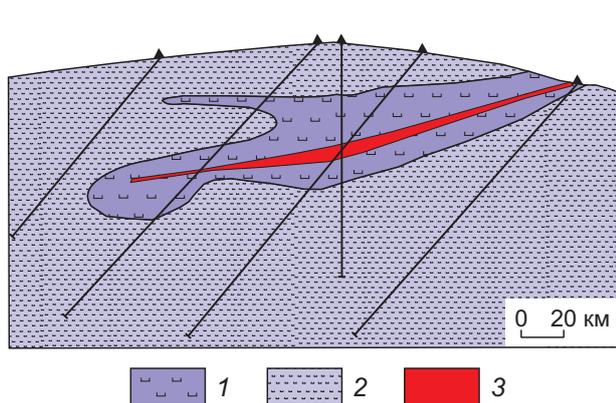


Рис. 2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЕРЕСОВОБОРСКОЕ:

дуниты: 1 – средне- и крупнозернистые, 2 – мелкозернистые; 3 – рудное тело платиновой минерализации

ли проведены в лаборатории АО «Золото Северного Урала». Содержание Pt определялось пробирным методом, содержание Ag, As, В, Ва, Вi, Со, Cr, Cu, Ge, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sb, Sn, U, V, W, Zn – полуколичественным спектральным анализом.

Корреляционный анализ содержаний химических элементов рассматриваемой базы данных показал, что химические элементы подразделяются на три группы.

В первую группу входят Cr, Mn, Co, Ni, Sn, Bi, W, Zn. Для этих элементов фиксируются высокие взаимные парные коэффициенты корреляции в диапазоне 65–91 % (рис. 4). В выборках проб с аномальными содержаниями Pt $\geq 0,1$ г/т содержание перечисленных элементов растёт вместе с содержанием Pt (рис. 5, а).

Во вторую группу входят Ва, U, Hg, Li. Содержания этих элементов положительно коррелируют друг с другом, отрицательно – с содержаниями элементов первой группы. В выборках проб с аномальными содержаниями Pt $\geq 0,1$ г/т содержания элементов второй группы последовательно снижаются по мере роста содержания Pt (рис. 5, б).

В третью группу элементов входят Ag, Cu, Pb, Ge, As, Sb, Mo, V, P. Для них не установлены корреляционные связи и не фиксируется ассоциативность распределения содержания относительно содержаний платины.

Проиллюстрированная на рис. 4 тенденция распределения содержания Cr, Mn, Co, Ni, Sn, W,

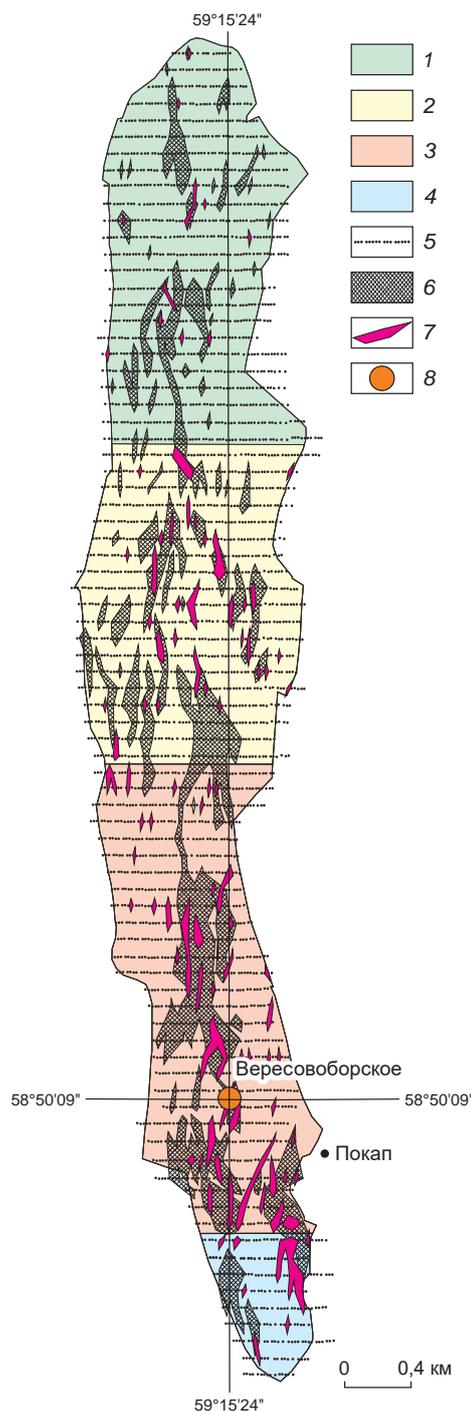


Рис. 3. РАЙОНИРОВАНИЕ ВЕРЕСОВОБОРСКОГО МАССИВА:

участки массива: 1 – Первый, 2 – Второй, 3 – Третий, 4 – Четвёртый; 5 – точки литохимического опробования по профилям широтного простирания; 6 – ореолы взаимно коррелирующих химических элементов с их аддитивным показателем нормированных значений $(Cr/1000 + Mn/1000 + Co/100 + Ni/100 + Bi \times 10 + Sn + W + Zn/100) \geq 30$; 7 – аномалия платины ($\geq 0,1$, г/т); 8 – Вересовоборское месторождение

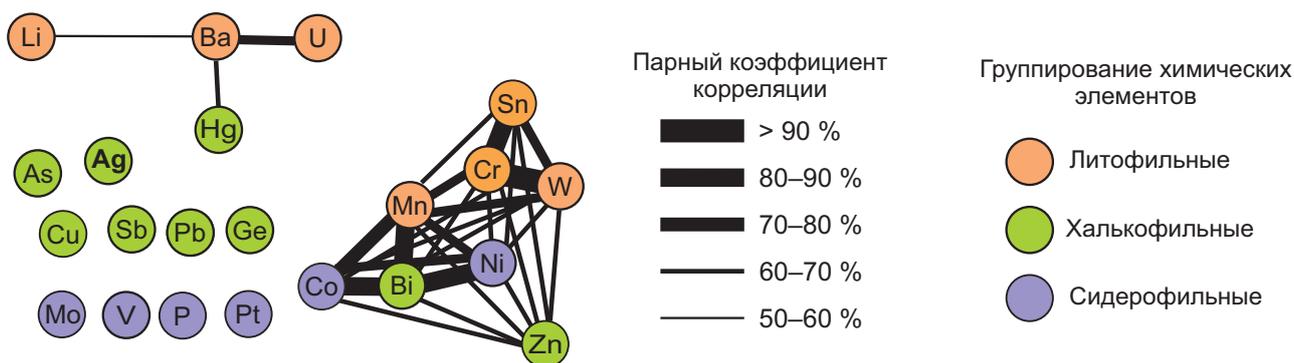


Рис. 4. СХЕМА ПАРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ПРОБ ВЕРЕСОБОРСКОГО МАССИВА

Zn относительно содержания Pt основывается на статистически представительных выборках проб по каждому классу содержания платины (табл. 1), поэтому заслуживает доверия. Общий тренд накопления Cr, Mn, Co, Ni, Sn, W, Zn и Pt может быть проинтерпретирован как одно из свидетельств единого механизма накопления этих химических элементов в ходе магматической дифференциации кристаллизующихся дунитовых массивов, что соответствует взглядам, наиболее подробно рассмотренным Е. В. Пушкарёвым с соавторами [4].

Выявленные закономерности согласуются с данными М. А. Минибаева [3], который проводил литохимическое картирование Каменушенского массива, расположенного севернее Вересоборского и сложенного аналогичными Вересоборскому

массиву породами дунит-клинопироксенит-габбрового комплекса (uO_3k). Анализ парной корреляции проб Каменушенского массива, сделанный М. А. Минибаевым, также выявил группы химических элементов, сходные с установленными нами для проб Вересоборского массива. Для Каменушенского массива выделяются две группы взаимно коррелирующих элементов. Первая включает в себя Cr, Ni, Sn, Zn, вторую составляют U и Ba, имеющие отрицательные корреляционные связи с элементами первой группы. Информационно-поисковое значение распределения содержаний Ni, Cr, Co внутри мафит-ультрамафитовых интрузий Австралии при оценке их рудоносности на коренную платиновую минерализацию отмечает Д. А. Хотсон [6]. Полученные данные позволяют рекомен-

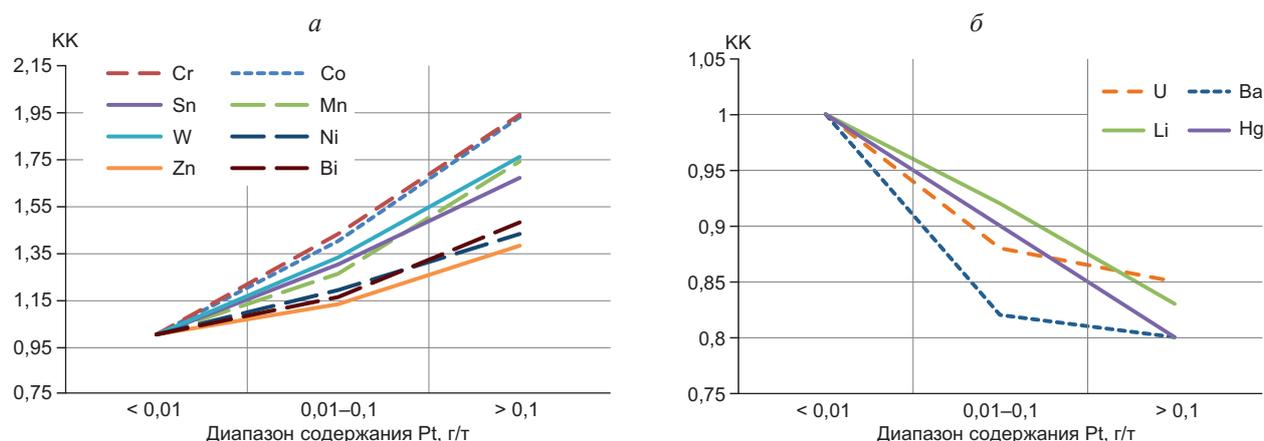


Рис. 5. ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (КК) ПРИ ПОВЫШЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ Pt: ДЛЯ ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОВЫШАЮЩИМИСЯ КК (а) , ДЛЯ ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОНИЖАЮЩИМИСЯ КК (б)

1. СОДЕРЖАНИЯ СОВМЕСТНО КОНЦЕНТРИРУЮЩИХСЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, СГРУППИРОВАННЫЕ ПО КЛАССАМ СОДЕРЖАНИЯ Pt, В ПРОБАХ ДУНИТОВ ВЕРЕСОБОРСКОГО МАССИВА

Диапазоны содержания Pt, г/т	Число проб	Параметры	Содержание химических элементов, г/т								
			Pt	Cr	Mn	Co	Ni	Bi	Sn	W	Zn
< 0,01	670	Среднее арифметическое	0,0053	876	1046	80	300	0,58	3,8	2,4	80
		Минимальное	0	26	40	13	14	0,03	0,2	0,03	5
		Максимальное	0,01	3300	3500	200	840	1,7	15	9,8	360
0,01–0,1	1905	Среднее арифметическое	0,037	1257	1315	112	358	0,67	4,94	3,18	90
		Минимальное	0,011	24	40	2	19	0,03	0,2	0,03	5
		Максимальное	0,099	4300	3600	200	1200	2,00	20	11	360
> 0,1	136	Среднее арифметическое	0,249	1697	1815	154	428	0,86	6,34	4,23	110
		Минимальное	0,1	200	530	32	97	0,3	0,2	0,6	5
		Максимальное	9,157	4600	3700	200	930	1,8	24	12	320

2. ПАРАМЕТРЫ УЧАСТКОВ ВЕРЕСОБОРСКОГО МАССИВА, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПРОВОДИТЬ СРАВНИТЕЛЬНУЮ ОЦЕНКУ ИХ ПРОДУКТИВНОСТИ НА КОРЕННУЮ ПЛАТИНОВУЮ МИНЕРАЛИЗАЦИЮ

Участки массива		Число проб с аномальными содержаниями на участке			Суммарная площадь ореолов, км ²		Частное от деления суммы площадей геохимических ореолов участка на площадь участка			Среднее содержание химических элементов в выборках проб с содержанием Pt ≥ 0,1 г/т								
Название	Площадь, км ²	Средняя высотная отметка, м	Pt ≥ 0,1 г/т	Add index ≥ 30	Ореолы с Pt ≥ 0,1 г/т	Ореолы с Add index ≥ 30	Ореолы Pt	Add ореолы	Pt, г/т	Взаимно коррелирующие химические элементы							Add index, г/т	
										Cr, г/т	Mn, г/т	Co, г/т	Ni, г/т	Bi, г/т	Sn, г/т	W, г/т		Zn, г/т
Первый	2,36	550	32	135	0,01	0,22	0,004	0,09	0,24	1965	1676	137	452	0,84	7	5	105	33
Второй	2,28	500	83	240	0,06	0,45	0,03	0,2	0,27	1775	1952	160	468	0,9	6,75	4,41	119	34
Третий	2,35	400	150	303	0,16	0,72	0,07	0,31	0,27	2520	2152	150	538	1	11	5,44	126	42
Четвёртый	0,56	330	31	56	0,04	0,07	0,07	0,13	0,16	1202	1645	157	319	0,77	4,69	3	91	26

Примечание. Add index (аддитивный показатель) – сумма нормированных значений содержания взаимно коррелирующих химических элементов Cr + Mn + Co + Ni + Bi + Sn + W + Zn; коэффициенты нормирования содержания химических элементов: Cr = 0,001, Mn = 0,001, Co = 0,01, Ni = 0,01, Bi = 10, Sn = 1, W = 1, Zn = 0,01.

довать следующие параметры сравнительной оценки участков Вересоборского массива (табл. 2):

- Площадь, занимаемая ореолами Pt $\geq 0,1$ г/т;
- Площадь, занимаемая аддитивными ореолами с add index ≥ 30 ;
- Значение частного от деления величины площади, занятой ореолами с Pt $\geq 0,1$ г/т, на величину общей площади участка;
- Значение частного от деления величины площади, занятой ореолами с add index ≥ 30 , на величину общей площади участка;
- Средние арифметические содержания Pt и Cr, Mn, Ni, Bi, Sn, W, Zn в выборках проб с содержанием Pt $\geq 0,1$ г/т;
- Для участков с одинаковыми сетью опробования и величиной площади – сопоставление количества проб с содержаниями Pt $\geq 0,1$ г/т и с показателем add index ≥ 30 .

Согласно большинству перечисленных параметров наиболее продуктивным по ожидаемым

ресурсам коренной платины является Третий участок Вересоборского массива (см. табл. 2), на котором уже разведано Вересовоборское месторождение, что в определённой степени подтверждает продуктивность этого участка.

В результате проведённых авторами исследований, включающих изучение геохимических особенностей дунитов Вересоборского массива с разными уровнями содержания в них платины, удалось расширить список химических элементов, привлекаемых к анализу поисковых признаков коренной платиновой минерализации в дунитовых массивах Урала. Помимо традиционно используемых для решения этих задач Pt и Cr обоснована целесообразность привлечения данных анализа содержания Mn, Ni, Bi, Sn, W, Zn. При этом для характеристики содержания перечисленных элементов удобно привлекать аддитивный показатель нормированных значений содержания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волченко Ю. А., Иванов К. С., Коротеев В. А., Оже Т. Структурно-вещественная эволюция комплексов платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений Уральского типа // Литосфера. – 2007. – № 3. – С. 3–27.
2. Иванов О. К. Протоплатина концентрически-зональных пироксен-дунитовых массивов платиноносного пояса Урала и причины вариации её состава. – Уральский геологический журнал. – 2000. – № 2 (14). – С. 101–119.
3. Минибаев А. М. Вторичные ореолы рассеяния как прогнозно-поисковый признак платинометальной минерализации на примере Каменушенского массива (Средний Урал). – Записки Горного института. – 2018. – Т. 234. – С. 591–598.
4. Пушкарёв Е. В., Аникина Е. В., Гарути Дж., Закарини Ф. Хром-платиновое оруденение Нижнетагильского типа на Урале: структурно-вещественная характеристика и проблема генезиса. – Литосфера. – 2007. – № 3. – С. 28–65.
5. Степанов С. Ю. Перспективы выявления коренных месторождений платины в зональных клинопироксенит-дунитовых массивах Среднего Урала // Новое в познании процессов рудообразования. – М.: ИГЕМ РАН, 2017. – С. 270–273.
6. Hoatson Dean M. Platinum-group element mineralization in Australian Precambrian layered mafic-ultramafic intrusions // AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics. – 1998. – № 17(4). – P. 139–151.

REFERENCES

1. Volchenko Yu. A., Ivanov K. S., Koroteev V. A., Ozhe T. Strukturno-veshchestvennaya evolyutsiya kompleksov platinonosnogo poyasa Urala pri formirovanii khromit-platinovykh mestorozhdenii Ural'skogo tipa [Structural and material evolution of complexes of the platinum-bearing belt of the Urals during the formation of chromite-platinum deposits of the Ural type], *Litosfera* [Lithosphere], 2007, No 3, pp. 3–27. (In Russ.).
2. Ivanov O. K. Protoplatina kontsentrisheski-zonal'nykh piroksen-dunitovykh massivov platinonosnogo poyasa Urala i prichiny variatsii ee sostava [Protoplatinum of concentrically-zoned pyroxene-dunite massifs of the platinum-bearing belt of the Urals and the reasons for its compositional variation], *Ural'skii geologicheskii zhurnal* [Uralian Geological Journal], 2000, No 2(14), pp. 101–119. (In Russ.).

3. Minibaev A. M. Vtorichnye oreoly rasseyaniya kak prognozno-poiskovyiy priznak platinometal'noi mineralizatsii na primere Kamenushenskogo massiva (Srednii Ural) [Secondary scattering halos as a predictive and prospecting sign of platinum mineralization on the example of the Kamenushensky massif (Middle Urals)], *Zapiski Gornogo instituta* [Journal of Mining Institute], 2018, V. 234, pp. 591–598. (In Russ.).
4. Pushkarev E. V., Anikina E. V., Garuti Dzh., Zakarini F. Khrom-platinovoe orudnenie Nizhnetagil'skogo tipa na Urale: strukturno-veshchestvennaya kharakteristika i problema genezisa [Chromium-platinum mineralization of the Nizhniy Tagilm type in the Urals: structural and material characteristics and the problem of genesis], *Litosfera* [Lithosphere], 2007, No 3, pp. 28–65. (In Russ.).
5. Stepanov S. Yu. Perspektivy vyyavleniya korennykh mestorozhdenii platiny v zonal'nykh klinopiroksenit-dunitovykh massivakh Srednego Urala [Prospects for identifying primary platinum deposits in zonal clinopyroxenite-dunite massifs of the Middle Urals], *Novoe v poznanii protsessov rudoobrazovaniya* [New in the knowledge of ore formation processes], Moscow, IGERAN Publ., 2017, pp. 270–273. (In Russ.).
6. Hoatson Dean M. Platinum-group element mineralization in Australian Precambrian layered mafic-ultramafic intrusions, *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, 1998, No 17(4), pp. 139–151.

ESTIMATION PARAMETERS OF POTENTIAL VERESOBORSKY MASSIF AREAS PRODUCTIVITY FOR PRIMARY Pt MINERALIZATION, MIDDLE URALS

A. P. Motov, (PhD, chief specialist of business development directorate)
Yu. E. Malakh (Director of business development)

JSC Polymetal MC, St. Petersburg

The analysis of statistically representative material of lithochemical sampling within Veresoborsky dunite massif revealed a group of correlating chemical elements (Cr, Mn, Co, Ni, Bi, Sn, W, Zn) whose accumulation trend coincides with that of Pt. The established pattern enables proposing criteria of comparative evaluation regarding primary Pt mineralization productivity of local areas (0,5–3 km²) in both Veresoborsky massif and its counterparts composed of the Urals Kachkanarsky complex (uO₃k) rocks.

Keywords: primary Pt mineralization, dunite-clinopyroxenite-gabbro Kachkanarsky complex, Veresoborsky massif, Urals.



ЗОЛОТОНОСНОСТЬ МАНИТАНЫРДСКОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ НАРАЩИВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

Приведены общие сведения о геологическом строении и золотоносности Манитанырдского района, расположенного на западном склоне Полярного Урала. Выделена Нияюская рудная зона, дана характеристика рудопоявлений Верхняяюское-2, Нияхойское-2, Ягодное. Показано, что наряду с жильной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией широко развита обособленная от кварцевых жил вкрапленная и прожилково-вкрапленная минерализация, также представляющая промышленный интерес. Золото в рудах находится в виде мельчайших включений в арсенопирите и пирите, а также наблюдается в секущих их трещинах в сростании с более поздними сульфидами, что свидетельствует о проявлении двух стадий рудообразования: золото-пирит-арсенопиритовой и золото-халькопирит-сфалерит-галенитовой. Представлены результаты литохимических поисков, установлены участки с повышенным содержанием золота. Оценены перспективы наращивания ресурсного потенциала района.

Ключевые слова: золото, Полярный Урал, Манитанырдский район, золотосульфидная минерализация, Нияюская рудная зона, рудопоявление, ресурсный потенциал.

На Урале в условиях истощения сырьевой базы золота обостряется проблема обоснования перспективных площадей для постановки поисковых работ. В связи с этим представляет интерес север Урала, где имеется ряд относительно слабоизученных золотоносных районов. Одним из них является Манитанырдский район на западном склоне Полярного Урала в Воркутинском районе Республики Коми.

Плановые геолого-съёмочные работы в регионе с составлением карт разного масштаба (геологических, структурно-фациальных, тектонических, прогнозных, полезных ископаемых) ведутся в течение многих лет. С 1960 по 1983 г. выполнена геологическая съёмка м-ба 1:50 000 (О. В. Суздальский, 1961 г., В. Н. Гессе, 1960 г., Б. Я. Дембовский, 1965 г., 1983 г. и др.). В конце 1990-х – начале 2000-х гг. изданы и подготовлены к изданию государственные геологические карты м-бов 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:50 000, составлена легенда Полярно-Уральской серии листов Госгеолкарты-200 (М. А. Шишкин, 1998 г., 2005 г.).

Поисковые работы на золото в пределах Манитанырдского района начались одновременно с геологической съёмкой (М. Н. Парханов, 1949 г.; А. В. Колпаков, 1961 г. и др.). С 1962 по 1965 г. выполнен большой объём работ, включая проходку канав, траншей, штолен, бурение скважин (К. Н. Севастьянов и др., 1965 г.). В 1985 г. поисковые работы были возобновлены (А. М. Чулаевский и др., 1988 г.). В 2006–2009 гг. проведены прогнозно-поисковые работы с ревизией отдельных рудопоявлений и литохимическим опробо-



**Ефанова
Людмила Ивановна**

кандидат геолого-минералогических наук
старший геолог¹
gmin2004@mail.ru

**Кузнецов
Сергей Карпович**

доктор геолого-минералогических наук
главный научный сотрудник¹
kuznetsov@geo.komisc.ru

**Тарбаев
Михаил Борисович**

кандидат геолого-минералогических наук
начальник отдела геологии
и лицензирования²
komy@rosnedra.gov.ru

**Майорова
Татьяна Петровна**

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник^{1,3}
mayorova@geo.komisc.ru

¹ Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

² Отдел геологии и лицензирования
Департамента по недропользованию
по Северо-Западному ФО (Коминедра),
г. Сыктывкар

³ ФГБОУ ВО «Сыктывкарский
государственный университет
имени Питирима Сорокина»,
г. Сыктывкар



ванием м-ба 1:25 000 (Л. И. Ефанова и др., 2009 г.). Большой вклад в изучение золотоносности района внесён также сотрудниками научно-исследовательских институтов: ЦНИГРИ, ИГГ УрО РАН, ИГ Коми НЦ УрО РАН. Результаты работ изложены в ряде производственных отчётов и частично опубликованы [1, 4, 6, 7].

К настоящему времени в результате поисковых работ в Манитанырдском районе выявлены крупное рудопроявление Верхненяюское-2, рассматривающееся как месторождение, и ряд более мелких и относительно слабоизученных проявлений – Верхненяюское-1, Нияхойское-1, Нияхойское-2, Верхнелекелецкое, Ягодное – и пунктов минерализации. В северной части района установлена золотоносная россыпь Естошор.

Авторами данной статьи, принимавшими участие в прогнозно-поисковых работах, проанализированы имеющиеся геологические материалы по золотоносности Манитанырдского района, уточнены закономерности развития золотосульфидной минерализации, получены новые сведения о вещественном составе руд, оценены возможности наращивания ресурсного потенциала.

Основные черты геологического строения района. В геологическом отношении Манитанырдский район представляет собой крупную антиклинальную структуру, ориентированную в северо-восточном направлении. Основная площадь района сложена позднерифейско-вендскими вулканитами бедамельской серии (R_3-V_2bd) и осадочными отложениями энганэпейской свиты позднего вендраннего кембрия (V_2-E, en) (рис. 1). Породы бедамельской серии – лавы и туфы базальтов, андезиты, дациты, риолиты. Мощность её 2000–2700 м. Энганэпейская свита характеризуется флишоидным переслаиванием туфопесчаников, туфоалевролитов и туфогравелитов. Мощность 1200–1500 м. С отчётливым угловым несогласием на размытой поверхности пород бедамельской и энганэпейской свит залегают отложения манитанырдской серии позднего кембрия – раннего ордовика ($E-O, mnt$): конгломераты, гравелиты, кварцитопесчаники, алевролиты. На западном склоне хр. Манитанырд мощность серии составляет 500 м, возрастая в восточном направлении до 800 м.

Интрузивные породы в основном представлены габбродолеритами леквожского комплекса раннего ордовика ($v\beta, O_1lk$), прорывающими породы бедамельской серии и энганэпейской свиты. Габбро-

долеритовые интрузии, в том числе дайки, обычно вытянуты в северо-восточном направлении в соответствии с преимущественным простиранием геологических структур.

Манитанырдская антиклиналь осложнена складчатостью более высоких порядков. Преобладающее простирание складчатых структур северо-восточное, падение осевых плоскостей юго-восточное под углами 60–75°. Шарниры складок погружаются как на северо-восток, так и на юго-запад. Синклинальные структуры сложены преимущественно отложениями манитанырдской свиты.

Широко распространены разрывные нарушения разной ориентировки. В центральной части района хорошо выражена тектоническая зона северо-восточного простирания (аз. пр. 25–30°). Эта зона, протягивающаяся на 25 км при ширине около 3–4 км, представляет собой пакет сближенных сместителей взбросо-сдвигового типа с амплитудой горизонтального смещения около 0,5–1 км. Весьма характерны интенсивное расланцевание, трещиноватость пород, их метасоматические изменения (серицитизация, хлоритизация, эпидотизация).

Заложение разрывных нарушений северо-восточного простирания происходило, вероятно, в доордовикское время, о чём свидетельствует их слабое проявление в отложениях манитанырдской серии. Вместе с этим не вызывает сомнений подновление многих нарушений в ордовике при внедрении габбродолеритов, а также в более позднее время.

Все породы района претерпели региональный метаморфизм зеленосланцевой фации (характерны такие минералы, как актинолит, хлорит, альбит, серицит, эпидот, кварц, карбонаты, лейкоксен). Широко развиты гидротермальные кварцевые, сульфидно-кварцевые, кварц-карбонатные, кварц-хлоритовые, кварц-тремолитовые, кварц-эпидотовые жилы и прожилки, выполняющие в основном трещины северо-восточного простирания, ориентированные согласно сланцеватости пород. Форма жил линзовидная, плитовидная, мощность варьирует от первых сантиметров до 20–30 см. Встречаются жилы, залегающие в трещинах, секущих сланцеватость пород по падению или по простиранию. Преимущественно в западной части района развиты хрусталеносные кварцевые жилы. Около жил, как и вдоль разрывных нарушений, породы нередко серицитизированы, хлоритизированы, эпидотизированы.

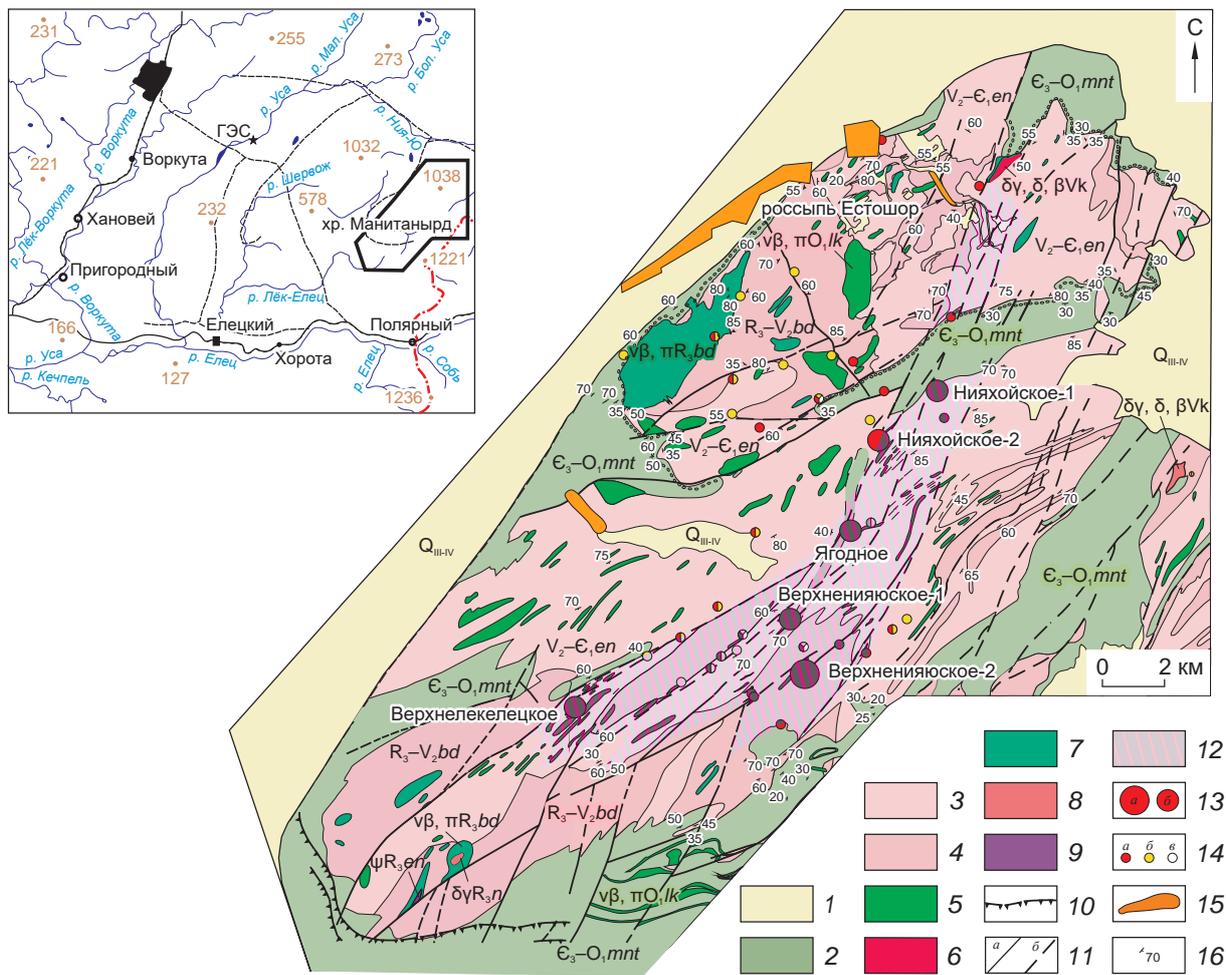


Рис. 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЗОЛОТОРУДНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ МАНИТАНЫРДСКОГО РАЙОНА (с использованием материалов Б. Я. Дембовского, 1983 г., М. А. Шишкина, 2005 г.):

1 – четвертичные отложения; 2 – манитанырдская серия позднего кембрия – раннего ордовика нерасчленённая: конгломераты, гравелиты, кварцитопесчаники; 3 – энганэпейская свита позднего венда – раннего кембрия: флишоидное переслаивание глинистых, алевролитовых сланцев, песчаников; 4 – бедамельская серия позднего рифея – венда: эффузивы основного, среднего, реже кислого составов, их туфы; интрузивные образования; 5 – леквожский комплекс: оливиновые габбро и долериты, пикродолериты; 6 – кызыгейский комплекс габбродиоритовый плутонический: диориты, гранодиориты, плагиограниты; 7 – экструзивно-субвулканические образования вулканитов нижней толщи бедамельской серии: габбро, габбродолериты; 8 – нияюский комплекс плагиогранит-тоналитовый плутонический: диориты, гранодиориты, плагиограниты; 9 – энганэпейский комплекс гипербазитовый плутонический: серпентиниты апоперидотитовые, апопироксенитовые; 10 – тектонические покровы; 11 – разрывные нарушения: а – достоверные по геологическим данным, б – предполагаемые; 12 – Нияюская рудная зона; 13 – золоторудные месторождения (а) и проявления (б); 14 – пункты минерализации: а – золота, б – серебра, в – мышьяка; 15 – россыпные проявления золота; 16 – элементы залегания пород

Золотосульфидная, золото-сульфидно-кварцевая минерализации локализованы в породах энганэпейской свиты и бедамельской серии и контролируются разрывными нарушениями преимущественно северо-восточного простирания. Можно выделить протягивающуюся через весь район с юго-

запада на северо-восток Нияюскую рудную зону, в пределах которой находятся все основные рудопроявления золота, пункты минерализации мышьяка и серебра [2]. К наиболее значимым относятся рудопроявления Верхняяюское-2 и Нияхое-2.

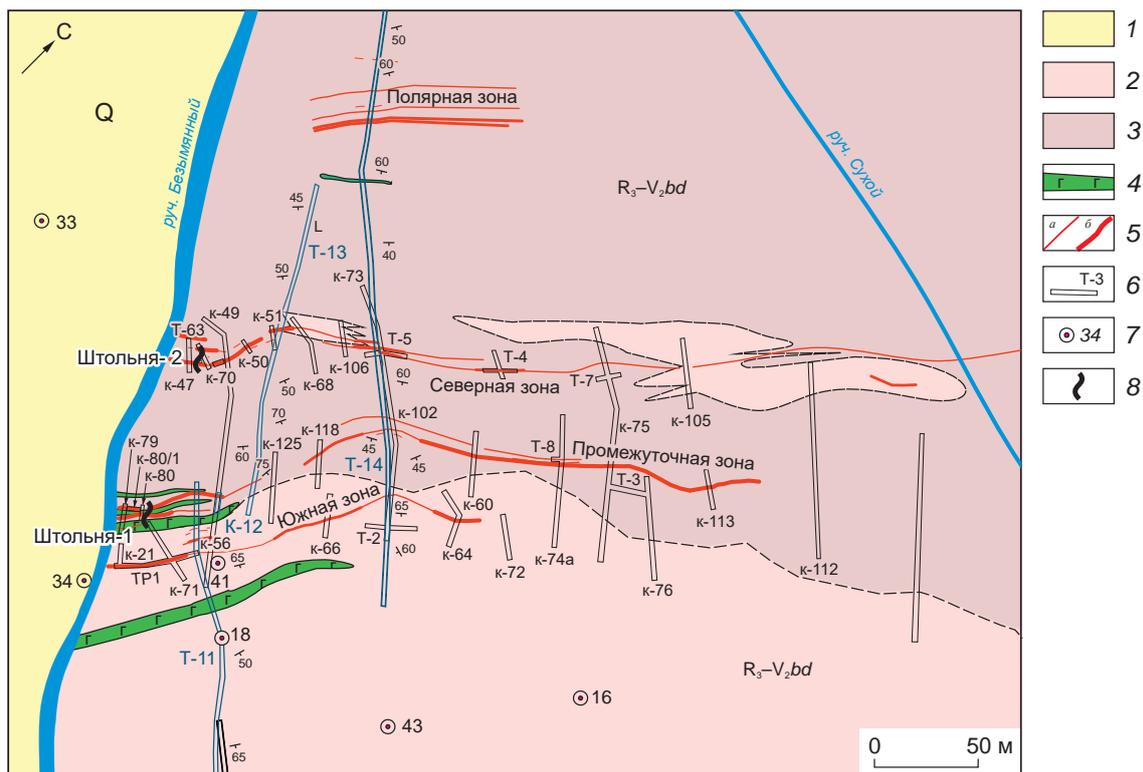


Рис. 2. СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕРХНЕИЮСКОЕ-2:

1 – четвертичные делювиальные и моренные отложения; бедамельская серия позднего рифея – венда: 2 – туфоалевролиты, туфопесчаники, 3 – базальты, андезиты и их туфы, зелёные сланцы; 4 – долериты, габродолериты левкожского комплекса; 5 – рудные тела с содержанием Au > 1 г/т мощностью от 0,05 до 0,4 м (а), > 0,4 м (б); б – канавы, траншеи, их номера; 7 – скважины, их номера; 8 – штольни

Рудопроявление Верхнеиюское-2 расположено на правом берегу руч. Безымянный в 200 м выше впадения руч. Сухой. Вмещающие породы представлены рассланцованными и гидротермально изменёнными вулканитами бедамельской серии, участками эпидотизированными, карбонатизированными. Залегание пород моноклинальное, простирание северо-восточное (35–50°), падение на юго-восток под углом 60–70°.

В 1960-х гг. на площади 0,2 км² были пробурены 53 скважины, пройдены поверхностные и подземные горные выработки, проведено бороздовое и керновое опробование сульфидно-кварцевых жил и околожильных пород, выполнены технологические испытания руд. Прослежены три рудные зоны – Северная, Промежуточная и Южная, ориентированные в северо-восточном направлении и отстоящие друг от друга на 30–40 м (рис. 2). Без утверждённых кондиций подсчитаны запасы категории С₁+С₂ золота – 3,4 т, серебра – 10,9 т, мышьяка – около

12 тыс. т. Месторождение (проявление) отнесено к мелким с упорными рудами. В ходе более поздних работ дополнительно выделена Полярная зона.

По простиранию рудные зоны протягиваются на 1200 м, по падению – на 240 м, их мощность составляет 4–6 м. В рудных зонах развиты многочисленные сульфидно-кварцевые и сульфидные прожилки и жилы. Последние выполняют трещины скалывания и ориентированы преимущественно согласно сланцеватости и слоистости пород, но иногда занимают кососекущие положение. Отмечаются также безрудные кварцевые, хлорит-кварцевые жилы.

Мощность сульфидно-кварцевых жил и прожилков колеблется от нескольких сантиметров до первых десятков сантиметров. Наблюдаются раздувы до 0,5–0,8 м, которые очень быстро переходят в прожилки и вскоре выклиниваются. Околожильные породы обычно сильно рассланцованы, карбонатизированы, эпидотизированы, иногда пре-

вращены в глиноподобную бурю массу, а жилы часто брекчированы, что объясняется проявлением пострудных тектонических подвижек.

По минеральному составу руды месторождения Верхнеиясское-2 преимущественно пиритовое, арсенопирит-пиритовое. Текстуры руд массивные, полосчатые, плейчатые, вкрапленные, прожилково-вкрапленные, пятнистые, структуры неравномернозернистые, аллотриоморфнозернистые, гипидиоморфнозернистые. Содержание сульфидов в рудных жилах достигает 50 %.

Содержание Au по данным пробирного анализа бороздовых проб колеблется от следов в породах, вмещающих сульфидно-кварцевые жилы, до 29,7 г/т в самих жилах и иногда достигает 92,4 г/т на мощность 0,2 м. Пропорционально повышению содержания золота возрастает количество серебра, но встречаются участки, как на поверхности, так и на глубине, где его содержание увеличивается до 70,2 г/т при отсутствии золота (Северная зона). Наиболее богатые руды характерны для приповерхностных участков юго-западного окончания зон. Среднее содержание Au в рудах в целом по проявлению составляет 4,8 г/т, Ag – 15 г/т на среднюю мощность 0,64 м.

Наряду с пиритом и арсенопиритом в рудах присутствуют пирротин, пентландит, сфалерит, галенит, халькопирит, тетраэдрит и теннантит, кубанит, штернбергит, фрейбергит, аурустибит, электрум, кюстелит, самородный висмут, а также вторичные гипергенные минералы – халькозин, ковеллин, гётит, лимонит, скородит, церуссит [4].

Распределение сульфидов в пределах жил весьма неравномерное. Отмечаются прожилки, гнездовые скопления, единичные вкрапления в жильном кварце. Пирит представлен зёрнами или кристаллами кубической, пентагондодекаэдрической формы размером 1,5–2 мм. Арсенопирит наблюдается в виде индивидов шестоватой, короткостолбчатой или сложной формы размером до 0,5 мм, а в отдельных случаях до 2 мм. В составе пирита в качестве примеси иногда присутствует As (до 3,3 мас. %), в арсенопирите – Sb (до 3,2 мас. %). Зёрна и агрегаты арсенопирита и пирита нередко сильно катаклазированы, в них встречаются включения халькопирита, галенита, сфалерита и других сульфидов, часто приуроченные к трещинам. Весьма характерно замещение пирита бурыми гидроксидами железа, арсенопирита скородитом. Халькопирит, сфалерит и галенит распространены довольно широко,

но содержание их в рудах ниже, чем пирита и арсенопирита. В галените иногда в небольшом количестве устанавливаются Ag (до 1,5 мас. %), Bi и Th. Пирротин, тетраэдрит и теннантит отмечаются редко. В составе тетраэдрита присутствует Ag, содержание которого бывает значительным (до 15,4 мас. %), соответствующим самостоятельной минеральной фазе – фрейбергиту.

Самородное золото обнаруживается в протоочках проб, отобранных из обогащённых сульфидными участками жил и вмещающих пород, в полированных шлифах. В протоочках золото преимущественно мелкое (< 0,2 мм), хотя иногда фиксируются частицы до 2–7 мм в поперечнике. Форма частиц золота сложная, цвет жёлтый, зеленовато-жёлтый, красновато-жёлтый. Отмечаются частицы в форме дендритов, пластин и индивидов с фрагментами огранки.

В полированных шлифах золото наблюдается в виде мельчайших обособленных изометрических включений в арсенопирите и пирите (рис. 3). Размер таких выделений золота 1–5 мкм. Вместе с этим имеются относительно крупные (до 10–50 мкм) частицы вытянутой неправильной формы, отвечающие поздней генерации и находящиеся в микротрещинах в пирите и арсенопирите часто вместе с халькопиритом, галенитом, сфалеритом.

Согласно результатам микроскопического анализа основным примесным элементом в золоте является серебро, отмечается ртуть. В субмикронных выделениях золота, характерных для пирита и арсенопирита, содержание Ag обычно составляет 8–10 мас. %, иногда достигает 15–20 мас. %. В золоте, наложенном по микротрещинам на зёрна арсенопирита и пирита и часто находящемся в ассоциации с галенитом, халькопиритом, сфалеритом, содержание серебра, как правило, значительно выше. Нередко встречаются зёрна, в составе которых содержание Ag выше, чем Au, и достигает 61 мас. %. Почти всегда в золоте присутствует Hg в количестве до 3,6 мас. %; Cu фиксируется редко и в небольшом количестве. Содержание серебра и других примесей в пределах частиц золота в той или иной степени варьирует. Иногда наблюдаются каймы, отличающиеся относительно высоким содержанием серебра.

Пробность золота колеблется от 500 до 940 ‰. Наиболее высокой пробностью обладает золото, находящееся в виде субмикронных обособленных включений в пирите и арсенопирите. Пробность

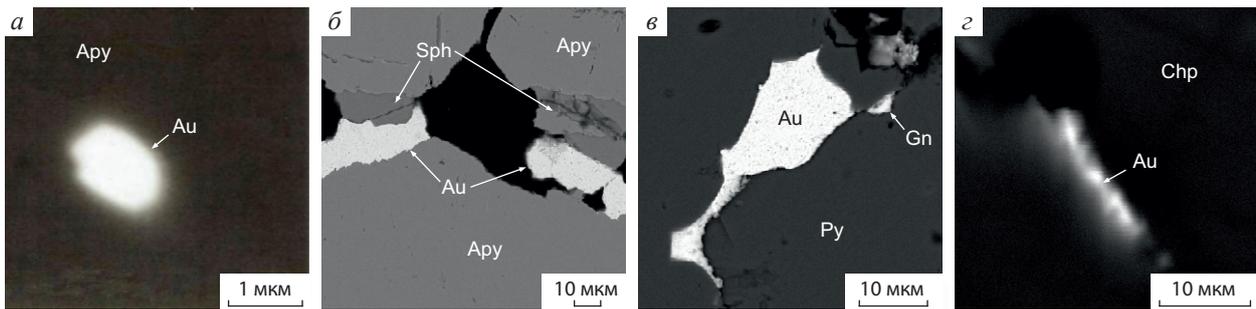


Рис. 3. ЗОЛОТО В РУДАХ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕРХНЕНИЯЮСКОЕ-2:

a – мельчайшее включение золота в арсенопирите; *б, в* – золото, галенит, сфалерит, развивающиеся по трещинам в арсенопирите и пирите; *з* – золото в халькопирите; Apy – арсенопирит, Py – пирит, Chp – халькопирит, Sph – сфалерит, Gn – галенит, Au – золото. Изображения в обратноотражённых электронах

золота поздней генерации, развивающегося совместно с халькопиритом, сфалеритом и галенитом по трещинам в арсенопирите и пирите, как правило, ниже (500–700 %) из-за высокого содержания серебра, наличия ртути, меди. Частицы с высоким содержанием серебра представляют собой самостоятельные минеральные фазы – кюстелит (Ag_3Au) и электрум ($AuAg$). В одном случае обнаружен купроаурид с содержанием Cu до 21,8 мас. %, Ag – 4,2–5,1 мас. %, Ni – 1,3 мас. %.

Результаты минералогических исследований свидетельствуют о стадийности рудообразования. Вначале на кварцевые жилы и околожилные породы наложилась пирит-арсенопиритовая минерализация с микровключениями тонкого золота. Затем, после проявления тектонических подвижек, вызвавших катаклиз руд, произошло отложение халькопирита, галенита, сфалерита и относительно крупного золота поздней генерации. Таким образом, достаточно обоснованно выделяются две стадии рудообразования: золото-пирит-арсенопиритовая и золото-халькопирит-галенит-сфалеритовая.

Рудопроявление Нияхойское-2 расположено на левом берегу р. Ния-Ю в 8 км северо-восточнее проявления Верхнеияюское-2. В 1962–1963 гг. на участке пробурены четыре скважины, пройдены канавы, отобраны семь керновых проб и 93 бороздовые. В 2008 г. в центральной части проявления пройдена траншея (Т-19) протяжённостью 119,7 м, позволившая провести непрерывное опробование, изучить оруденение и зону разлома, контролирующего размещение рудной минерализации.

Рудопроявление Нияхойское-2 приурочено к разлому север-северо-восточного простирания

и локализовано в туфоалевролитах и туфопесчаниках энганэпейской свиты, прорванных в восточной части долеритами леквожского комплекса (рис. 4). Вдоль разлома прослежена рудная зона, протягивающаяся на 160 м при средней мощности 13,6 м. В пределах зоны породы катаклазированы, хлоритизированы, серицитизированы, карбонатизированы, пиритизированы, лимонитизированы, наблюдается большое количество маломощных кварцевых, кварц-хлоритовых, кварц-карбонатных, кварц-сульфидных, сульфидных жил и прожилков.

На рис. 5 приведены результаты геологической документации и опробования северо-западного фланга траншеи Т-19 (расчистка Р-19). Здесь в 20-метровом интервале туфопесчаников к востоку от интрузии долеритов наблюдаются многочисленные кварц-сульфидные и сульфидные (пирит-арсенопиритовые) прожилки. Вмещающие их породы сильно катаклазированы и лимонитизированы. Рудные прожилки и вкрапленная сульфидная минерализация ориентированы согласно сланцеватости пород, совпадающей со слоистостью. Длина жил и прожилков достигает 1–3 м, мощность 1–30 см.

По минеральному составу руды существенно арсенопиритовые с подчинённым количеством пирита. Текстуры руд массивные, полосчатые, структуры мелко- и среднезернистые с участками крупнозернистых, аллотриоморфнозернистых до гипидиоморфнозернистых. Содержание сульфидов в рудных жилах и прожилках достигает 70 %, во вмещающих породах 1–2 %.

Содержание Au в бороздовых пробах, отобранных из минерализованных катаклазированных по-

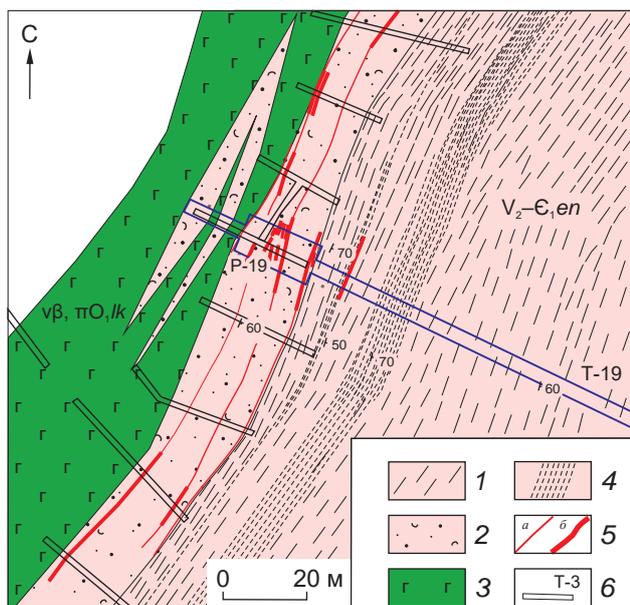


Рис. 4. СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ НИЯХОЙСКОЕ-2:

енганэпейская свита позднего венда – раннего кембрия: 1 – катаклазированные туфоалевросланцы, 2 – туфопесчаники; 3 – долериты леквожского комплекса; 4 – глина трения (сместитель разлома); 5 – кварц-сульфидные жилы с содержанием Au $n-0,1$ г/т (а), > 1 г/т (б); 6 – горные выработки

род с окисленным вкрапленным пиритом, изменяется от 0,03 до 0,089 г/т и может достигать 2,24 г/т на 1 м мощности. В глине трения, вскрытой в средней части траншеи Т-19, содержание Au возрастает до 0,77–1,5 г/т на мощность 2,7 м (см. рис. 4). С появлением в интервалах опробования сульфидных и сульфидно-кварцевых прожилков содержание золота резко повышается и достигает сотен г/т (в одной из штучных проб пирит-арсенопиритового состава – 1713 г/т). В целом по рудопроявлению среднее содержание Au в рудах составляет 7,8 г/т.

В составе руд в ассоциации с арсенопиритом, пиритом установлены халькопирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, айкинит, самородный висмут, а также гипергенные минералы – ковеллин, скородит, окисульфосоли свинца с висмутом [5, 6]. Арсенопирит образует сплошные зернистые массы. Форма отдельных индивидов удлинённая шестоватая или относительно изометрическая. Большинство зёрен арсенопирита разбито многочисленными трещинками вследствие катаклаза, по которым развивается скородит (рис. 6). Пирит встречается в подчинённом количестве, распределён неравномерно и образует единичные вкрапления или скопления разных формы и размера в основной массе арсенопирита. Пирит представлен кристаллами кубической, реже октаэдрической формы, или гипи-

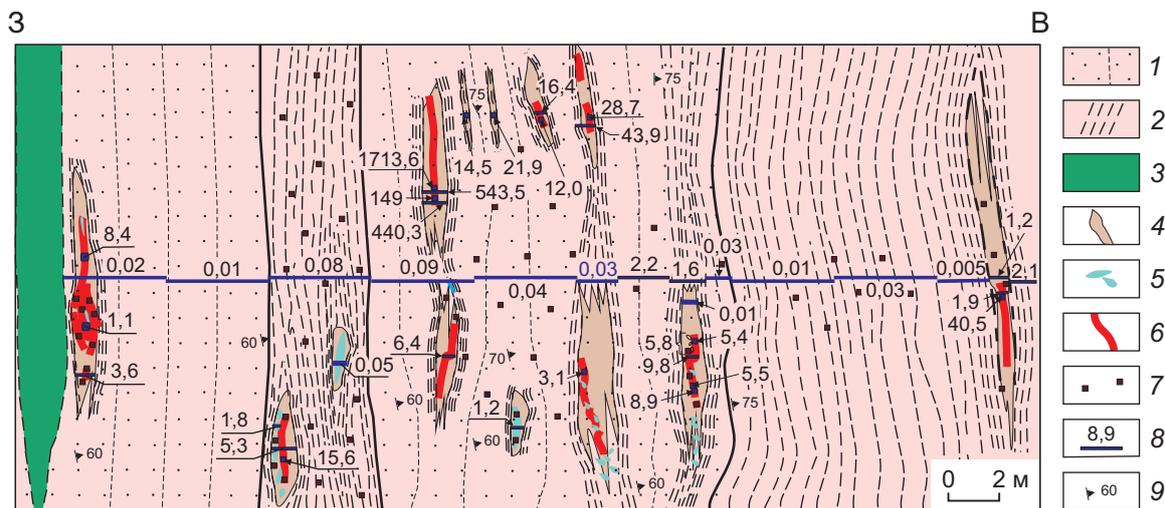


Рис. 5. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУДНОЙ ЗОНЫ ПРОЯВЛЕНИЯ НИЯХОЙСКОЕ-2 И РЕЗУЛЬТАТЫ БОРОЗДОВОГО ОПРОБОВАНИЯ (расчистка Р-19):

1 – катаклазированные туфопесчаники; 2 – катаклазированные туфоалевролиты; 3 – долериты; 4 – зоны лимонитизации; 5 – кварцевые жилы с переменным содержанием карбоната, хлорита; 6 – золотоносные прожилки, сложенные лимонитом и скородитом; 7 – вкрапления окисленного пирита; 8 – бороздовые и задирковые пробы, содержание Au, г/т; 9 – элементы залегания слоистости (сланцеватости)

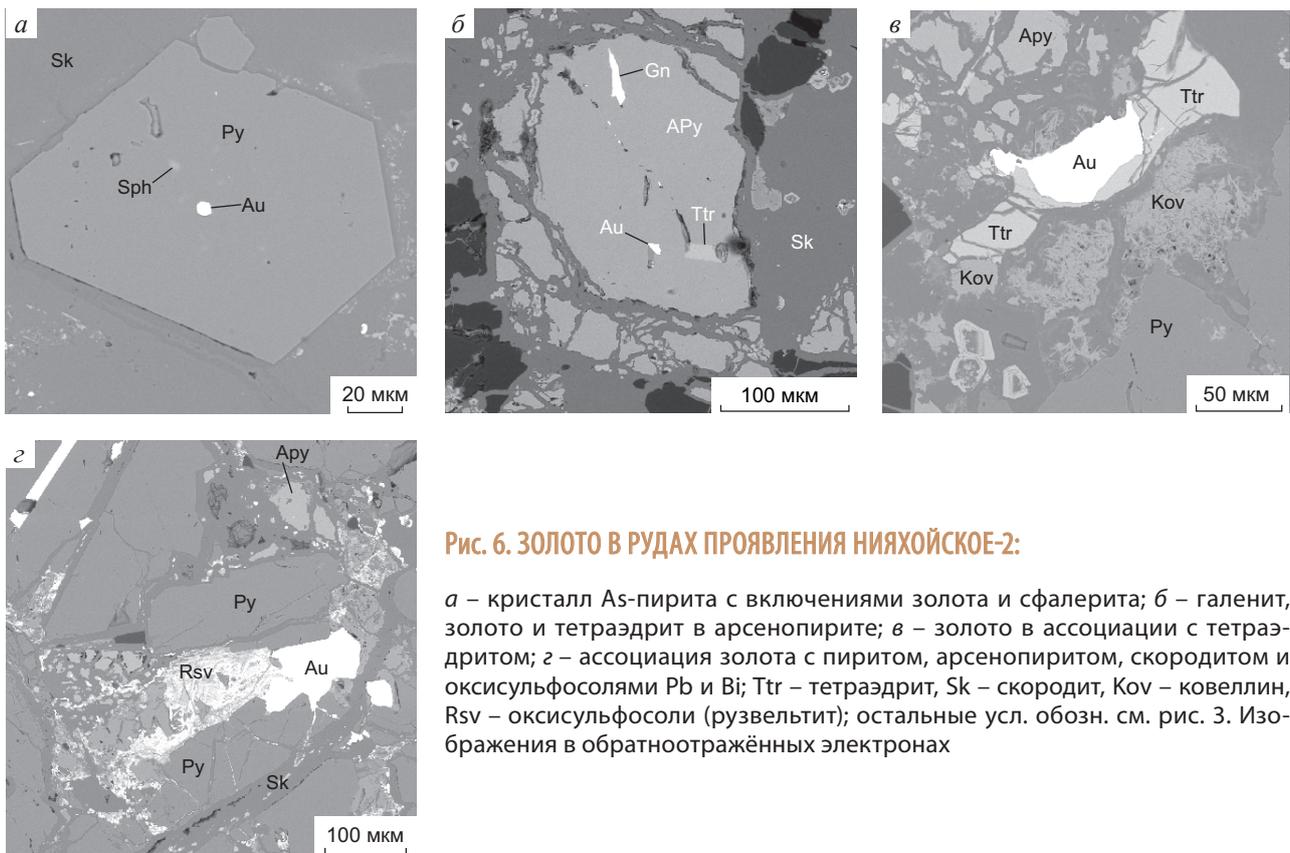


Рис. 6. ЗОЛОТО В РУДАХ ПРОЯВЛЕНИЯ НИЯХОЙСКОЕ-2:

а – кристалл As-пирита с включениями золота и сфалерита; *б* – галенит, золото и тетраэдрит в арсенопирите; *в* – золото в ассоциации с тетраэдритом; *г* – ассоциация золота с пиритом, арсенопиритом, скородитом и оксисульфосолями Pb и Bi; Ttr – тетраэдрит, Sk – скородит, Kov – ковеллин, Rsv – оксисульфосоли (рузвельтит); остальные усл. обозн. см. рис. 3. Изображения в обратноотражённых электронах

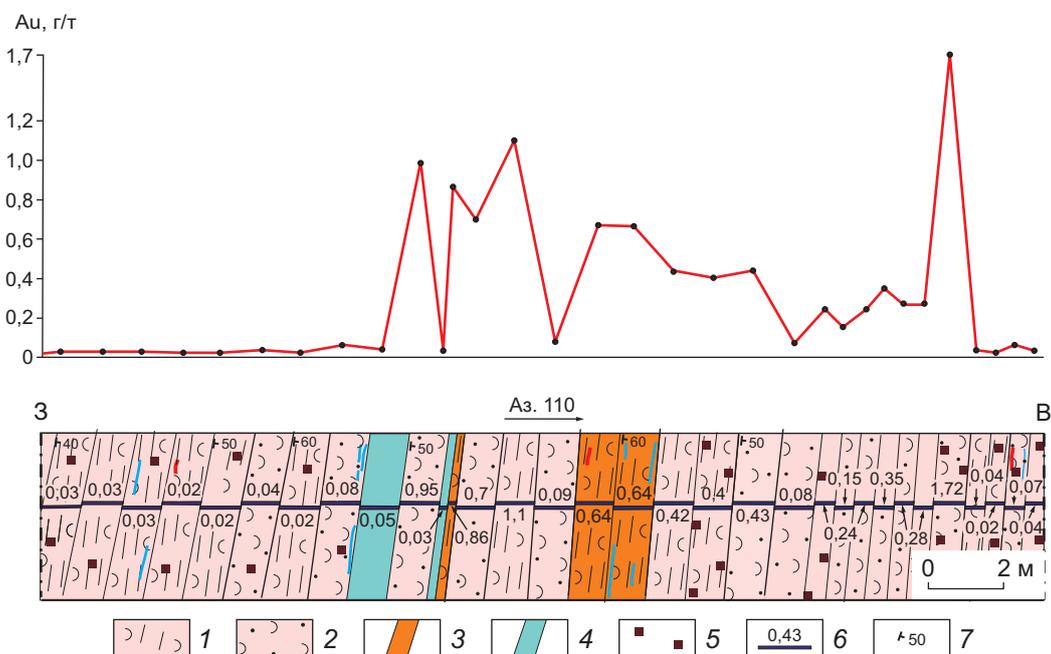


Рис. 7. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РУДНОЙ ЗОНЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЯГОДНОЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ БОРЗДОВОГО ОПРОБОВАНИЯ:

1 – катаклазированные туфоалевросланцы; 2 – катаклазированные туфопесчаники; 3 – зоны лимонитизации; 4 – кварцевые жилы; 5 – лимонитизированный пирит; 6 – борздовые и задирковые пробы, содержание Au, г/т; 7 – элементы залегания сланцеватости

диоморфными зёрнами. Он часто содержит примесь As (до 1,46 мас. %). В пирите и арсенопирите отмечаются микровключения сфалерита, галенита, тетраэдрита, золота. Халькопирит и тетраэдрит образуют ксеноморфные выделения удлинённой или близкой к изометрической формы. Сфалерит и галенит встречаются редко, обнаружены только в виде микровключений в арсенопирите (или скородите), пирите и кварце.

Самородное золото находится в сростаниях с арсенопиритом и другими сульфидами, часто отмечается в виде микровключений в пирите и арсенопирите (см. рис. 6). По гранулометрическому составу оно в основном относится к тонкодисперсному и пылевидному (0,001–0,05 мм), очень мелкому и мелкому (0,05–1,00 мм). Встречается также золото средней крупности размером до 1,5 мм. Форма частиц золота пластинчатая, чешуйчатая, комковидная, присутствуют дендритоиды и частично ограниченные индивиды.

Основные элементы-примеси в золоте – серебро и ртуть. Содержание Ag колеблется от 7,11 до 22,61 мас. %. Ртуть отмечается не всегда, её содержание составляет 1,23–8 мас. %. Пробность золота варьирует от 643 до 898 ‰. Преобладает умеренно высокопробное золото. Анализ состава поверхности золотин показал, что большинство из них имеют низкопробные оболочки (700–800 ‰), характерные для коренного золота. Вместе с этим у части золотин хорошо выражены высокопробные каймы, свидетельствующие о влиянии гипергенных процессов.

Формирование рудной минерализации, как и на проявлении Верхненияюское-2, было стадийным. Сульфидная минерализация наложена на кварцевые жилы, прожилки и вмещающие их породы. Первыми кристаллизовались арсенопирит и, вероятно, пирит, во многих случаях содержащие микровключения золота. Далее проявились тектонические подвижки, которые фиксируются структурами катаклаза арсенопирита и пирита. После этого отложились пирит, халькопирит, тетраэдрит, золото поздней генерации. Соответственно, можно выделить золото-пирит-арсенопиритовую и относительно слабо проявившуюся золото-халькопирит-галенит-сфалеритовую стадии.

При схожести минерального состава и условий рудообразования существенное различие между проявлениями Нияхойское-2 и Верхненияюское-2 – повышенное содержание золота не только в суль-

фидно-кварцевых жилах, но и во вмещающих их породах, характеризующихся широким развитием вкрапленной и прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализации. На наш взгляд, это обусловлено тем, что проявление Нияхойское-2 локализовано в зоне крупного разрывного нарушения в тектонически более активной зоне. В связи с проявлением подвижек породы сильно рассланцованы и катаклазированы, что способствовало движению восходящих рудоносных флюидов по многочисленным трещинам. Кроме того, руды этого проявления характеризуются преобладанием арсенопирита над пиритом, меньшей распространённостью галенита и сфалерита. Золото в основном высокопробное, ртуть в нём фиксируется реже, а серебросодержащие минеральные фазы – кюстелит и электрум – не отмечаются.

Другие золоторудные проявления Манитанырдского района Ягодное, Нияхойское-1, Верхненияюское-1, Верхнелекелецкое в значительной степени подобны проявлению Нияхойское-2. Они также локализованы в сильно рассланцованных и катаклазированных породах енганэпейской свиты. При этом проявление Верхнелекелецкое приурочено к дайке габбродолеритов леквожского комплекса, прорывающей отложения этой свиты.

Можно отметить рудопроявление Ягодное, расположенное в среднем течении руч. Ния-Вож между проявлениями Нияхойское-2 и Верхненияюское-1. Оно выявлено по результатам литохимического опробования. На месте комплексной аномалии (Au, Pb, Zn, Ag, As) пробурен профиль из трёх скважин и позднее пройдена траншея.

В зоне разлома северо-восточного простирания с восток-юго-восточным падением сместителя траншеей вскрыта пачка рассланцованных, катаклазированных и гидротермально изменённых туфопесчаников, туфоалевролитов енганэпейской свиты. Выделяется минерализованная зона мощностью около 14 м, в пределах которой породы хлоритизированы, эпидотизированы, развиты кварцевые прожилки и вкрапленность пирита (рис. 7). Содержание пирита не превышает 1–2 %.

Содержание золота в бороздовых пробах составляет десятки–сотни миллиграммов на тонну, а в двух пробах превышает 1 г/т. Валовое средневзвешенное содержание Au в границах рудной зоны составляет 0,55 г/т на мощность 14 м. В протоочных пробах изменённых и пиритизированных пород почти всегда обнаруживаются частицы золо-

та размером от 0,1 до 0,5 мм, при этом связь золота с кварцевыми прожилками не обнаруживается.

Мощность минерализованной зоны, вскрытой на глубине скважинами, составляет около 35 м. Несмотря на пунктирное опробование, в ней обнаружены золотоносные интервалы, где содержание золота колеблется от 1,35 до 3,75 г/т на мощность 0,1–3,2 м. Выявлено несколько сульфидно-кварцевых жил мощностью от 2 до 30 см с содержанием Au до 7,2 г/т.

Следует заметить, что приповерхностные части практически всех золоторудных проявлений Манитанырдского района затронуты процессами выветривания [3]. Выветрелые породы представлены рыхлыми обохренными сланцами, глинами с переменным количеством обломочного материала. По результатам горно-буровых работ золото-сульфидные руды окислены до глубины 150–190 м. Содержание золота в приповерхностных частях рудопоявлений иногда выше, чем на глубине. Основные глинистые минералы – иллит, нонтронит, каолинит, монтмориллонит. В глинах обычно присутствуют альбит, кварц, серицит. Анализ тяжёлой фракции шлихов глинистого рыхлого материала показывает значительное содержание окисленного пирита и арсенопирита. Встречаются частицы золота с хорошо выраженной высокопробной каймой гипергенного происхождения.

На рис. 8 представлены результаты литохимических поисков м-ба 1:25 000. Наиболее детальное опробование по инструментально проложенным профилям выполнено в зоне рудоконтролирующих нарушений северо-восточного простирания и в северо-восточной части района, где известна одноимённая золотоносная россыпь Естошор.

Литохимические пробы анализировались спектрохимическим (химико-атомно-эмиссионным) приближённо-количественным методом на Au с нижним пределом обнаружения 0,002 г/т, а также спектральным полуколичественным методом на 28 элементов (Sr, Ba, Ti, Mn, Cr, V, Ni, Co, Cu, Ag, Zn, Pb, As, Sb, Bi, Be, Sn, Mo, W, Ga, P, Sc, La, Ce, Zr, Y, Nb, B).

В зоне рудоконтролирующих разломов выявляется целый ряд геохимических аномалий, оконтуривающих как известные рудопоявления, так и зоны рассеянной минерализации (за минимально аномальное содержание Au принято 0,006 г/т). Всего установлено 16 аномалий (кроме участка Естошор) с максимальным содержанием Au до 1,5 г/т. Часть золотоносных аномалий – комплексные и со-

провожаются повышенным содержанием (%): Cu 0,01, Ag 0,00001, Zn 0,015, Pb 0,003, As 0,010, Ba 0,050, Sr 0,008, Mo 0,0002, Sn 0,0005 (содержание элементов в краевом контуре изоконцентрат). Набор сопутствующих элементов соответствует минералого-геохимическим особенностям золотосульфидных руд.

В ряде случаев золотометрические аномалии над рудными объектами отсутствуют, а развиваются в стороне от них или даже гипсометрически выше по склону. На смещение аномалий золота в сторону от рудных тел обращалось внимание и ранее, оно объяснялось молодым рельефом, неблагоприятными гидрогеологическими условиями, тектонической нарушенностью зон, поверхностными процессами окисления, при которых высвобождённое золото претерпевало гравитационную просадку на глубину. По нашему мнению, немаловажную роль играли геоморфологические признаки – приуроченность рудных зон к понижениям в рельефе ввиду прямой связи с разломами. В таких участках аккумулятивный чехол перемешивается с солифлюкционными суглинками верхних склонов. Всё это приводит к усложнению закономерностей распределения золота и сопутствующих элементов, скрывает истинную картину положения рудных объектов. Мощность чехла четвертичных отложений на водоразделах достигает 1–3 м, у подножия склонов 3–5 м, в долинах крупных рек 10–30 м.

Весьма интересен Естошорский участок в северо-восточной части района. Он отличается плохой обнажённостью, коренные рудопоявления неизвестны. Тем не менее здесь выявлены многочисленные геохимические аномалии золота. Проведённое в небольшом объёме копушное опробование при заверке аномалий показало постоянное присутствие золота. Число частиц золота в 10–20-литровых шлиховых пробах достигает сотен знаков, что свидетельствует о наличии коренных проявлений, скрытых под рыхлыми отложениями.

Таким образом, для Манитанырдского района характерно широкое развитие гидротермальной золотосульфидной, золото-сульфидно-кварцевой минерализации, локализованной в вулканогенных, вулканогенно-терригенных и терригенных породах бедамельской серии позднего рифея – венда и енганэпейской свиты позднего венда – раннего кембрия. Рудоконтролирующими структурами являются разрывные нарушения северо-восточного простирания. Выделяется Нияюская рудная зона, в пре-

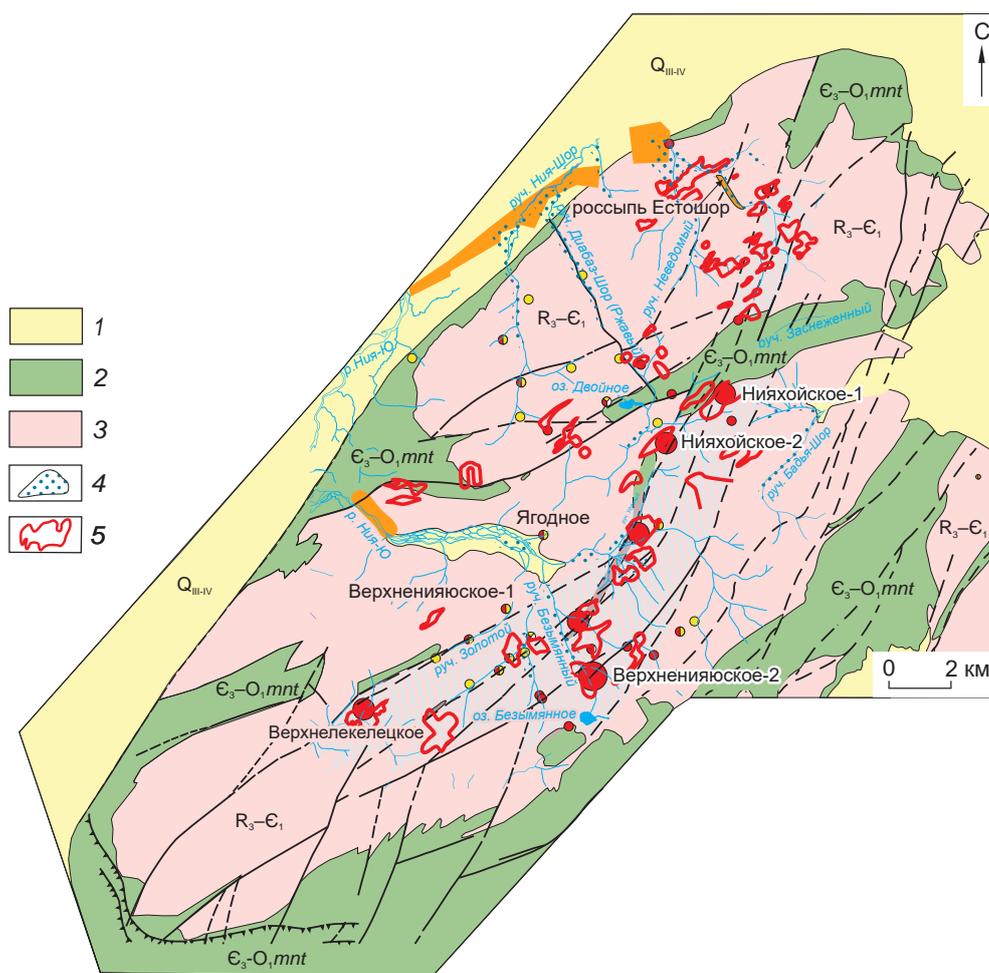


Рис. 8. ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ЗОЛОТА МАНИТАНЫРДСКОГО РАЙОНА:

1 – четвертичные отложения; 2 – манитанырдская серия позднего кембрия – раннего ордовика: конгломераты, гравелиты, кварцитопесчаники; 3 – вулканогенно-терригенные отложения энганэпейской свиты и бедамельской серии позднего рифея – раннего кембрия, нерасчленённые; 4 – аллювиальные шлиховые потоки золота; 5 – литохимические аномалии золота в контуре > 6 мг/т; остальные усл. обозн. см. рис. 1

делах которой сосредоточены основные рудопроявления и пункты минерализации, относящиеся к золото-сульфидно-кварцевому и золотосульфидному типам.

Результаты изучения золотосульфидной минерализации свидетельствуют о том, что процесс рудообразования был стадийным. Вначале проявилась золото-пирит-арсенопиритовая стадия, а затем после перерыва и проявления тектонических подвижек – золото-галенит-халькопирит-сфалеритовая. Согласно полученным нами ранее данным изотопного анализа серы сульфидов некоторых рудопроявлений значения $\delta^{34}\text{S}$ варьируют от -0,5 до -8,0 ‰ [4]. Значения вблизи -0,5 ‰, характерные для сульфидов проявления Верхнеияюское-2, соот-

ветствуют метеоритному стандарту. Это позволяет предположить, что источником серы в сульфидах отчасти служили гидротермально-магматогенные флюиды. Судить о возрасте рудной минерализации и генетической связи оруденения с какими-то определёнными магматическими комплексами сложно, поскольку пока не получены надёжные изотопно-геохронологические данные. Приуроченность оруденения к разрывным нарушениям северо-восточного простирания, отложение рудной минерализации в трещинах, согласных с направлением сланцеватости пород, косвенно указывают на её палеозойский возраст. Этому времени отвечают тектоно-магматическая активизация, внедрение габбродолеритов леквожского комплекса, а также ре-

гиональный метаморфизм зеленосланцевой фации.

Анализ имеющихся геологических материалов показывает, что несмотря на большой объём выполненных работ ресурсный потенциал Манитаньрдского района раскрыт не в полной мере. Все рудопроявления ранее оценивались на жильный золото-сульфидно-кварцевый тип оруденения с селективным опробованием жил и их зальбандов. Вместе с этим результаты более поздних ревизионных работ авторов свидетельствуют о повышенном содержании золота во вмещающих породах и широком развитии вкрапленной и прожилково-вкрапленной золотосульфидной минерализации вне связи с кварцевыми жилами.

Наращивание ресурсов и запасов золота возможно за счёт доизучения площади, включающей рудопоявления Верхненияюское-1, Ягодное, Нияхойское-2, Нияхойское-1, локализованные в туфопесчаниках енганэпейской свиты. Прожилково-вкрапленному и вкрапленному оруденению в этих породах способствовал их значительный катаклаз и, соответственно, бóльшая проницаемость

для рудообразующих растворов в отличие, в частности, от рудопоявления Верхненияюское-2, которое находится в относительно массивных вулканитах бедамельской серии. Скопления многочисленных мельчайших рудных прожилков и жил в совокупности с рудной вкрапленностью во вмещающих породах могут рассматриваться как линейные золотоносные штокверки.

При проведении поисковых работ горные выработки и скважины должны быть непрерывно опробованы, что позволит существенно уточнить контуры рудных тел, увеличить их мощность и протяжённость. Большой интерес представляет также выявление на данной площади кор выветривания и оценка их золотоносности. При получении положительных результатов поисковые работы можно расширить в юго-западном и северо-восточном направлениях вдоль Нияхойской зоны, охватывая геохимические аномалии в северо-восточной части района.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Республики Коми в рамках научно-го проекта № 20-45-110006 p_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрушев С. Н., Макаров А. Б. Минералого-геохимические особенности руд и метасоматитов золото-мышьяковых проявлений одного из районов // Геохимия и минералогия первичных и вторичных ореолов. – Свердловск [Екатеринбург] : УНЦ АН СССР, 1986. – С. 84–93.
2. Ефанова Л. И., Карчевский А. Ф. Вариант геолого-поисковой модели золоторудных объектов (минерализованных зон с золото-сульфидным оруденением, жильно-прожилковых зон с золото-кварц-сульфидным оруденением) применительно к площади хребта Манитаньрд // Материалы XV геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар : Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. – Т. 111. – С. 181–188.
3. Ефанова Л. И., Симакова Ю. С., Артеева Т. А., Донцов А. Б. Мезозойско-кайнозойские коры выветривания на хребтах Манитаньрд и Енганепэ // Труды Института геологии Коми научного центра УрО РАН, 2009. – Вып. 125. – С. 29–38.
4. Кузнецов С. К., Майорова Т. П., Сокерина Н. В., Филипов В. Н. Золоторудная минерализация Верхненияюского месторождения на Полярном Урале // Записки Российского минералогического общества. – 2011. – Т. СХХХХ, № 4. – С. 58–71.
5. Майорова Т. П., Ефанова Л. И. Новые данные по золотоносности кряжа Манитаньрд – Нияхойское рудное поле, проявление Нияхойское 2 // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: материалы XVII геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар : Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2019. – Т. III. – С. 204–206.
6. Майорова Т. П., Ефанова Л. И. Проявление золото-мышьяковистого типа Нияхойское-2 на Полярном Урале (кряж Манитаньрд) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2019. – № 8. – С. 33–41.
7. Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Коротеев В. А., Полонов Ю. А. Месторождения золота Урала. – Екатеринбург : УГГГА, 2001. – 622 с.

REFERENCES

1. Vakhrushev S. N., Makarov A. B. Mineralogo-geokhimiicheskie osobennosti rud i metasomatitov zolotomys'h'yakovykh proyavlenii odnogo iz raionov [Mineralogical and geochemical features of ores and metasomatites of gold-arsenic occurrences of one of the regions], *Geokhimiya i mineralogiya pervichnykh i vtorichnykh oreolov* [Geochemistry and mineralogy of primary and secondary halos], Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1986, pp. 84–93. (In Russ.).

2. Efanova L. I., Karchevskii A. F. Variant geologo-poiskovoi modeli zolotorudnykh ob'ektov (mineralizovannykh zon s zoloto-sul'fidnym o rudneniem, zhil'no-prozhilkovykh zon s zoloto-kvarts-sul'fidnym o rudneniem) primenitel'no k ploshchadi khrebtta Manitanyrd [A variant of the geological prospecting model of gold ore objects (mineralized zones with gold-sulfide mineralization, vein-vein zones with gold-quartz-sulfide mineralization) in relation to the area of the Manitanyrd ridge], *Materialy XV geologicheskogo s"ezda Respubliki Komi* [Materials of the XV Geological Congress of the Komi Republic], Syktyvkar, Institut geologii Komi NTs UrO RAN Publ., 2009, V. 111, pp. 181–188. (In Russ.).
3. Efanova L. I., Simakova Yu. S., Arteeva T. A., Dontsov A. B. Mezozoisko-kainozoiskie kory vyvetrivaniya na khrebtakh Manitanyrd i Enganepe [Mesozoic-Cenozoic weathering crust on the Manitanyrd and Ynganepe ridges], *Trudy Instituta geologii Komi nauchnogo tsentra UrO RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], 2009, V. 125, pp. 29–38. (In Russ.).
4. Kuznetsov S. K., Maiorova T. P., Sokerina N. V., Filippov V. N. Zolotorudnaya mineralizatsiya Verkhneniyayuskogo mestorozhdeniya na Polyarnom Urale [Gold mineralization of the Verkhnyayuskoye deposit in the Polar Urals], *Zapiski Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva* [Notes of the Russian Mineralogical Society], 2011, V. CXXXX, No 4, pp. 58–71. (In Russ.).
5. Maiorova T. P., Efanova L. I. Novye dannye po zolotonosti kryazha Manitanyrd – Niyakhoiskoe rudnoe pole, proyavlenie Niyakhoiskoe 2 [New data on the gold content of the Manitanyrd ridge - Nyakhoi ore field, occurrence Nyakhoi 2], *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii: materialy XVII geologicheskogo s"ezda Respubliki Komi* [Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: materials of the XVII Geological Congress of the Komi Republic], Syktyvkar, Institut geologii Komi NTs UrO RAN Publ., 2019, V. III, pp. 204–206. (In Russ.).
6. Maiorova T. P., Efanova L. I. Proyavlenie zoloto-mysh'yakovistogo tipa Niyakhoiskoe-2 na Polyarnom Urale (kryazh Manitanyrd) [Manifestation of gold-arsenic type Niyakhoiskoye-2 in the Polar Urals (Manitanyrd ridge)], *Vestnik Instituta geologii Komi NTs UrO RAN* [Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre UB RAS], 2019, No 8, pp. 33–41. (In Russ.).
7. Sazonov V. N., Ogorodnikov V. N., Koroteev V. A., Polenov Yu. A. Mestorozhdeniya zolota Urala [Deposits of gold in the Urals], Yekaterinburg, UGGGA Publ., 2001, 622 p.

GOLD POTENTIAL OF MANITANYRDSKY AREA AND PROSPECTS FOR RESOURCE POTENTIAL RAMP-UP, POLAR URALS

L. I. Efanova (PhD, senior geologist¹)
 S. K. Kuznetsov (PhD, chief researcher¹)
 M. B. Tarbaev (PhD, Head of geology and licensing department²)
 T. P. Mayorova (PhD, senior researcher^{1,3})

¹ FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

² Department of Geology and licensing Department for subsoil use of the North-Western Federal district (Kominatedra), Syktyvkar

³ P. Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar

General information on geological structure and gold potential of Manitanyrdsky area located in the western Polar Urals is provided. Niyayuskaya ore zone is revealed, Verkhneniyayuskoye-2, Niyakhoiskoye-2 and Yagodnoye mineral occurrences are characterized. It is shown that, aside from vein gold-sulfide-quartz mineralization, disseminated and veinlet-disseminated mineralization separated from quartz veins is widespread, which is also of economic interest. Gold in ores occurs as ultrafine inclusions in arsenopyrite and pyrite; it is also found in cross fractures as overgrown with later sulfides, which suggests two ore formation stages – gold-pyrite-arsenopyrite and gold-chalcopyrite-sphalerite-galena. Lithochemical prospecting results are presented, gold-enriched areas are identified. Prospects for the area's resource potential ramp-up are assessed.

Keywords: gold, Polar Urals, Manitanyrdsky area, gold-sulfide mineralization, Niyayuskaya ore zone, mineral occurrences, resource potential.





ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА АНГАРО-БОЛЬШЕПИТСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ

В статье охарактеризованы геологические и ассоциирующие с ними рудные формации стратиформных колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых руд в составе Тунгусикского формационного комплекса. Выделены и описаны рудно-формационные типы месторождений и три типа рудных полей со свинцово-цинковым оруденением в Ангаро-Большепитской зоне. На основе выделенных литофаций охарактеризованы палеообстановки формирования стратиформных рудных ассоциаций. Отражены роль метаморфизма и структурные факторы, влияющие на условия проведения поисковых работ. Выявлена связь минералого-геохимических подтипов руд с содержаниями органического углерода в литофациях рудовмещающих толщ. Полученные и обобщённые данные имеют практический интерес при разработке геолого-поисковых моделей месторождений и повышении эффективности проведения поисковых работ.

Ключевые слова: Енисейский кряж, Ангаро-Большепитская минерагеническая зона, Тунгусикский формационный комплекс, стратиформные полиметаллические и свинцово-цинковые месторождения, рудные формации, обстановки формирования месторождений, геолого-промышленные типы.

Ангаро-Большепитская минерагеническая зона – одна из наиболее перспективных в Енисейской провинции для постановки прогнозных, поисковых и прогнозно-металлогенических исследований в целях выявления площадей с комплексным сербросодержащим полиметаллическим стратиформным оруденением. Зона имеет приоритет по ресурсному потенциалу на выявление полиметаллических месторождений в вулканогенно-терригенных, терригенно-осадочных и карбонатных толщах (SEDEX).

Размещение месторождений данного типа в структурно-формационных комплексах (СФК) определялось положением центров длительной вулканогенной активности, что обеспечивало существенную продолжительность функционирования связанных с ней гидротермальных систем, создававших условия для накопления значительных объёмов сульфидного вещества в синхронных им прогибах с терригенным и карбонатным осадконакоплением [2, 3, 10, 11].

Проведение прогнозно-металлогенических работ, нацеленных на конечный результат (вычленение в геологическом пространстве потенциальных месторождений), основано на принципе последовательного приближения, при котором последовательно выделяются металлогенические таксоны разного ранга, являющиеся объектами прогнозирования, – рудные райо-

Зайцева Мария Николаевна

научный сотрудник
zaytseva@tsnigri.ru

Кузнецов Владимир Вениаминович

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

Конкин Виктор Дмитриевич

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник
konkin@tsnigri.ru

Серавина Татьяна Валерьевна

кандидат геолого-минералогических наук
зам. зав. отделом цветных металлов
seravina@tsnigri.ru

Инякин Алексей Валерьевич

научный сотрудник
inyakin@tsnigri.ru

Богославец Николай Николаевич

научный сотрудник
bogoslavets@tsnigri.ru

Хачатуров Мартын Михайлович

инженер 1-ой категории
hachaturov@tsnigri.ru

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

ны, рудные поля, перспективные участки (потенциальные месторождения). Разноранговые металлогенические таксоны характеризуются сочетанием следующих элементов-признаков: структурно-формационных, фациальных (литолого-петрографических), минералого-геохимических, гидротермально-метасоматических и их отражением в геофизических полях. Эти элементы системы моделей месторождений и являются идентификационными признаками и критериями, позволяющими вычленивать из геологического пространства перспективные площади с потенциальными месторождениями [7, 8].

Современные представления о закономерностях размещения свинцово-цинкового оруденения в пределах Енисейского кряжа базируются на обширных геологических материалах геолого-съёмочных, геолого-поисковых и разведочных работ, проведённых геологами ПГО «Красноярскгеология» (Ангарская ГРЭ), и специализированных тематических исследований литолого-стратиграфической и структурной позиций месторождений и вещественного состава руд (КНИИГиМС, ИГиГ СО АН СССР). Работы сотрудников ЦНИГРИ (в том числе авторов статьи) дополняют предыдущие исследования. В последние годы (2001–2019) авторы провели дополнительные изыскания по выявлению латерально-вертикальных рядов геологических и ассоциирующих с ними рудных формаций, а также фациальному составу и строению рудовмещающих толщ и горизонтов на площади Ангаро-Большепитской зоны (рис. 1), специализированной на выявление стратиформных месторождений свинца и цинка в вулканогенных (VMS), терригенно-карбонатных (MVT) и углеродистых карбонатно-терригенных (черносланцевых) толщах флишоидного строения (SEDEX) [2, 11, 12].

В металлогеническом плане в Ангаро-Большепитской зоне отмечается латерально-вертикальная зональность в размещении свинцово-цинкового, колчеданно-полиметаллического и колчеданосодержащего цинково-свинцового оруденения. В латеральном ряду (с юга на север) существенно свинцовое (колчеданосодержащее цинково-свинцовое) оруденение Горевского подтипа сменяется на колчеданно-полиметаллическое в черносланцевых толщах и стратиформное свинцово-цинковое в карбонатных толщах. В вертикальном ряду колчеданно-полиметаллическое в черносланцевых формациях сменяется на свинцово-цинковое

стратиформное оруденение в карбонатных толщах. Предполагается, что в вулканогенных толщах Исаковско-Приенисейской зоны синхронно рудовмещающим толщам основных литолого-стратиграфических уровней локализуются поля с медно-колчеданным и медно-цинково-колчеданным оруденением.

Территорию Ангаро-Большепитской зоны в основном слагают [1, 6, 9, 13]:

- СФК фундамента и срединных массивов архейского и нижнепротерозойского возрастов, включающие породы гранитогнейсовой, гнейсо-гранитовой, амфиболитовой формаций архея и вулканогенно-терригенные формации нижнего протерозоя (в том числе, базальтовую, кварцито-глинозёмистую, терригенно-вулканогенную с железистыми кварцитами, карбонатно-терригенную);
- СФК рифея, состоящие из двух групп: нижней – вулканогенно-терригенно-сланцевой (формации сухопитской серии), специализированной на золотое оруденение и, в меньшей степени – медно-колчеданное оруденение, верхней – вулканогенно-терригенно-карбонатной (формации тунгусикской серии), специализированной на локализацию месторождений со стратиформными свинцово-цинковыми рудами в карбонатных толщах и колчеданно-полиметаллическими в черносланцевых толщах [1, 3, 10, 13];
- СФК ранне- и позднеорогенной стадий развития рифея–венда, включающие морские молассоидные формации и железорудные формации.

Эти и другие СФК слагают линейно-мозаичную внутреннюю структуру Енисейского кряжа. Каркасом этой структуры служат региональные продольные и поперечные разломы различной глубины заложения и подновляющиеся в различных стадиях развития структуры от архея – нижнего протерозоя до мезозоя включительно.

Анализ специализированной структурно-формационной схемы масштаба 1:500 000 и карт районирования гравитационного и магнитного полей того же масштаба показывает, что основание рифейских прогибов слагается крупными блоками архей-нижнепротерозойского основания. Эти блоки, наряду с поперечными прерывистыми зонами дислокаций и разломов, определяют большую степень гетерогенности строения структуры

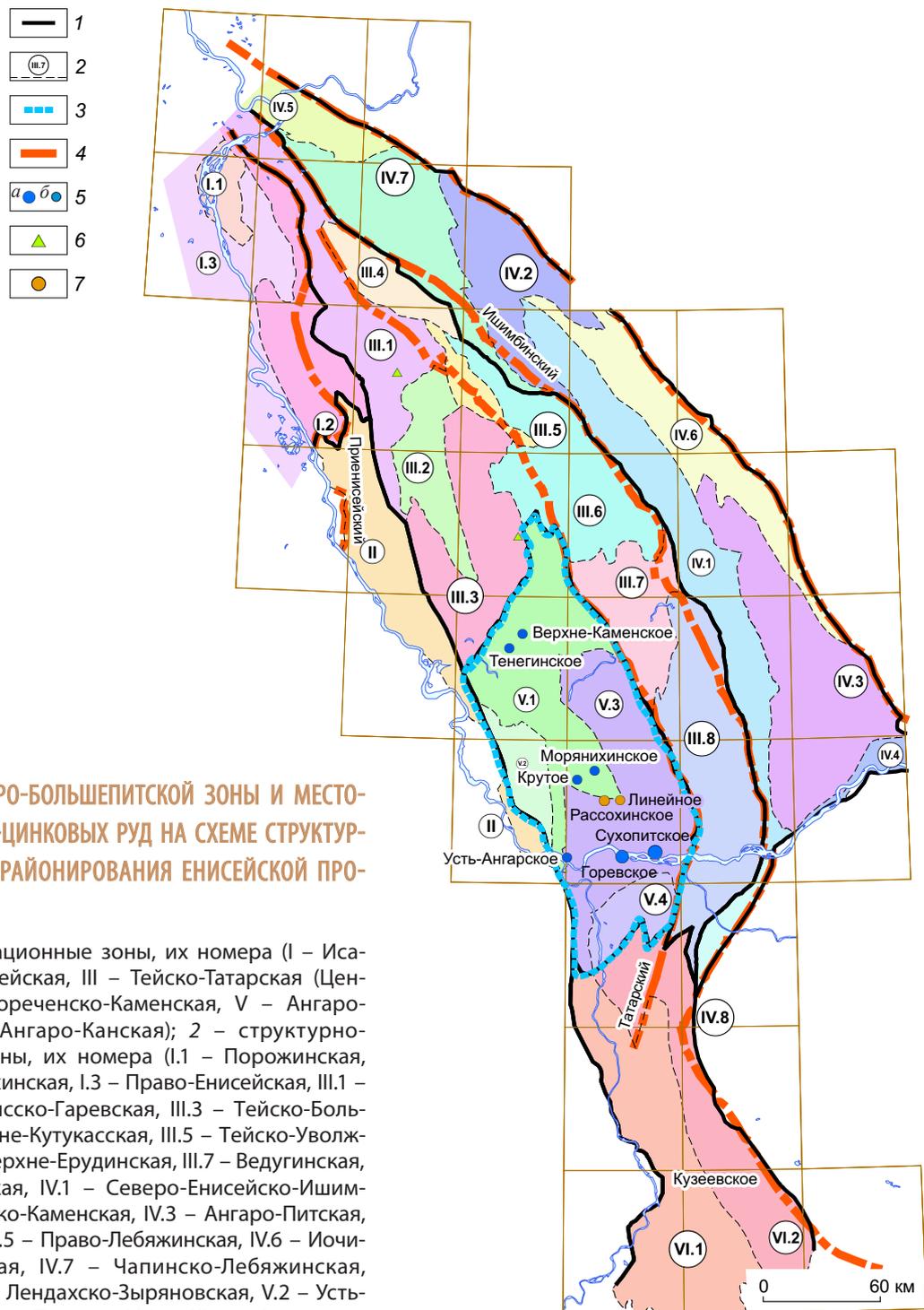


Рис. 1. ПОЗИЦИЯ АНГАРО-БОЛЬШЕПИТСКОЙ ЗОНЫ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД НА СХЕМЕ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЕНИСЕЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ [6]:

1 – структурно-формационные зоны, их номера (I – Исаковская, II – Приенисейская, III – Тейско-Татарская (Центральная), IV – Чернореченско-Каменная, V – Ангаро-Большепитская, VI – Ангаро-Канская); 2 – структурно-формационные подзоны, их номера (I.1 – Порожинская, I.2 – Летнинско-Сурнихинская, I.3 – Право-Енисейская, III.1 – Вороговская, III.2 – Тисско-Гаревская, III.3 – Тейско-Большепитская, III.4 – Верхне-Кутукасская, III.5 – Тейско-Уволжская, III.6 – Енашимо-Верхне-Ерудинская, III.7 – Ведугинская, III.8 – Южно-Енисейская, IV.1 – Северо-Енисейско-Ишимбинская, IV.2 – Чапинско-Каменная, IV.3 – Ангаро-Питская, IV.4 – Иркинеевская, IV.5 – Право-Лебяжинская, IV.6 – Иочиминско-Большепитская, IV.7 – Чапинско-Лебяжинская, IV.8 – Тасеевская, V.1 – Лендахско-Зырянская, V.2 – Усть-Ангарская, V.3 – Ангаро-Тисская, V.4 – Южно-Ангарская, VI.1 – Богунаевско-Кузеевская, VI.2 – Шилка-Канская); 3 – Ангаро-Большепитская СФЗ; 4 – разрывные нарушения, в том числе по геофизическим данным; 5 – свинцово-цинковые месторождения и проявления (а – крупные, б – мелкие); 6 – медно-цинковые и медно-колчеданные рудопрооявления в вулканогенных толщах; 7 – колчеданно-полиметаллические месторождения

Енисейской провинции. На гетерогенном архей-нижнепротерозойском основании залегают мощные (до 8 км) толщи рифтогенного этапа развития с накоплением вулканогенных, карбонатно-вулканогенно-терригенных и карбонатно-терригенных формаций с характерными высокоглинозёмистыми фациями, входящими в состав и строение веснинской и енисейской серий нижнего протерозоя (?). Режим формирования таких образований отвечает начальной стадии рассеянного спрединга (рифтогенеза) на шельфе и склоне континента.

В палеоструктурном плане в период осадконакопления толщ от нижнего до верхнего рифея включительно блоки с комплексами архея – нижнего протерозоя выступали в качестве срединных массивов, осложнённых неоднократно подновлявшимися зонами разломов глубинного заложения, определившими морфологию и размещение основных рифтогенных и надрифтогенных прогибов с рудовмещающими формационными комплексами нижнего–среднего рифея сухопитской серии и согласно залегающими с ними формациями верхнего рифея тунгусикской серии.

Для сухопитской серии характерна латерально-вертикальная смена формаций. При этом её нижние части сложены высокоглинозёмистыми сланцами, кварцитами с горизонтами конгломератов в основании разреза. Наибольшая изменчивость состава формаций отмечается для среднего и верхнего уровней сухопитской серии, для которых в восточной и центральной частях Енисейского кряжа характерны вулканогенно-сланцевая (зеленосланцевая), песчано-сланцевая, аспидная и карбонатная пестроцветная формации, а для западной (Приенисейская и Исаковская зоны) – существенная доля вулканогенных пород риобазальтовой формации натрового ряда.

Указанные формации сухопитского комплекса служат рудовмещающими для основной массы золотого оруденения. В то же время в Приенисейской зоне в связи с широким развитием вулканогенных пород риобазальтовой формации в верхах разреза отмечается ряд рудопроявлений медно-цинковой колчеданной рудной формации. Завершается разрез сухопитской серии образованиями карбонатной пестроцветной формации в составе свит карточки и сосновская, служащей нижним реперным горизонтом для тунгусикской серии формаций.

Для тунгусикской серии характерны обстановки палеоструктурной дифференциации строения задуговых прогибов осадконакопления. В их строении принимают участие вулканогенно-карбонатно-терригенные, туфогенные и вулканогенные фации контрастной риолит-базальтовой и последовательной риолит-дацит-андезит-базальтовой формаций, углеродисто-карбонатно-терригенные толщи флишоидного строения (черносланцевые), вулканогенно-терригенно-карбонатные и карбонатные толщи с органогенными постройками.

Формационный комплекс тунгусикской серии суммарной мощностью 3,5–4 км характеризует переходную стадию развития рифейского рифтогенеза со значительной палеоструктурной дифференциацией и большим разнообразием осадочных и вулканогенных пород. При этом мощным сланцевым и флишоидным толщам палеопробогов на разделяющих их внутренних палеоподнятиях соответствуют мелководные терригенно-карбонатные осадки со строматолитами и онколитами. На локальных участках отдельных палеоподнятий выявлены поля формирования вулканитов контрастной и последовательной формаций натрового ряда. Для формационного комплекса в целом характерна та же тенденция смены вертикально-латерального ряда формаций, что и для сухопитского комплекса: с востока на запад и с юга на север фиксируется увеличение доли вулканитов в составе каждой формации.

Формации тунгусикской серии – рудовмещающие для колчеданно-полиметаллического, медно-колчеданного и свинцово-цинкового оруденения указанных выше рудно-формационных типов. Ведущей рудовмещающей формацией является углеродисто-кремнисто-карбонатная формация с колчедансодержащим цинково-свинцовым оруденением в терригенно-кремнисто-карбонатных толщах (Атасуйский тип с Горевским подтипом – MVT).

Оруденение свинцово-цинкового семейства стратиформных руд (MVT + SEDEX) фиксируется на различных уровнях и охватывает интервал мощностью около 3 км. Учитывая предположения о наличии латерально-вертикального ряда формаций, можно сделать выводы, что размах оруденения принимается до 1,5–2 км. Здесь следует также отметить, что в едином латеральном ряду синхронных по времени рудных формаций, ве-

роятно, находятся и известные в настоящее время рудопоявления медно-колчеданного и медно-цинкового колчеданного оруденения в вулканогенно-терригенных толщах (тип VMS) Исаковского прогиба [1, 6, 9, 10, 14]. Об этом свидетельствует и общая пространственно-латеральная зональность размещения полиметаллического оруденения, выраженная в смене существенно-свинцового (колчедансодержащего цинково-свинцового) оруденения Горевского подтипа и свинцово-цинкового в карбонатных толщах морянихинского типа с колчеданно-полиметаллическим оруденением в черносланцевых толщах на комплексное свинцово-цинковое с медной составляющей и медно-колчеданное в вулканогенных толщах.

В составе рудовмещающего Тунгусикского формационного комплекса выделяются: песчано-глинисто-сланцевая (ГС), терригенно-карбонатная (биогермная) (ТК), вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатная (ВК) и углеродисто-терригенно-карбонатная (УТК) формации, каждая из которых характеризуется своим специфическим набором литофаций (рис. 2). Краткая характеристика состава и строения формаций и их литофаций приводится ниже.

Песчано-глинисто-сланцевая формация (подрудная) развита практически повсеместно, составляет основание разреза Тунгусикского комплекса. В составе формации преобладает тонкое неупорядоченно-прерывистое, линзовидное переслаивание глинистых, алеврито-глинистых сланцев и кварцитовидных алевролитов, реже мелкозернистых песчаников. Соотношение глинистой и алевролитовой составляющей может несколько варьировать и по вертикали, и по латерали. Среди рассматриваемых отложений выделяется один обобщённый литотип, отвечающий обстановкам осадконакопления сублиторальной (неритовой) зоны. Формирование осадков происходило выше базиса волнения [15].

В химическом отношении глинистые сланцы субформации высокозрелые, имеют пониженные содержания P_2O_5 и TiO_2 . В составе алевролитовой и песчаной фракций преобладает кварц. Для разрезов формации характерна фациальная неоднородность: в наиболее прогнутых частях накапливались наиболее тонкие осадки, сменяющиеся на склонах палеоподнятий алевропесчаниками и иногда песчаниками, в северной части площади для разреза формации характерен хлоритоид. В ряде

случаев в нижней части отложений отмечаются конгломераты или крупнозернистые песчаники, указывающие на возможность размыва нижележащих пород сухопитского комплекса.

Терригенно-карбонатная формация (биогермная) под разными названиями выделялась несколькими исследователями. В частности, В. Г. Пономарёвым и Ю. А. Забириным [13] она выделена как кремнисто-терригенно-карбонатная.

Наиболее широко формация представлена на Морянихинско-Меркурихинском рудном поле. Здесь она наиболее изучена по керну. К ней приурочены месторождение Морянихинское, многие рудопоявления (Анатолевское, Меркурихинское, Верхне-Пихтовое и др.) и точки минерализации.

Для формации характерна высокая фациальная изменчивость пород. В основании установлен прерывистый базальный (?) горизонт мощностью до 12 м. В нём в разных сочетаниях переслаиваются гравелиты, песчаники, от мелко- до крупнозернистых, карбонатные седиментационные брекчии, сланцы глинистые, алеврито-глинистые и песчано-алевроито-глинистые с градационной слоистостью. Их характерная особенность – наличие желваков фосфоритов и фосфатных пород.

В составе карбонатных разрезов по классификации В. Т. Фролова [15] выделяются следующие генетические типы: биогермно-биостромовый тип водорослевых железистых доломитов; хемогенный тиховодный тип доломитов и известняков; механогенный (волновой течениевый) тип доломитовых и известняковых интракластитов.

Наиболее изменчивыми по мощности являются алеврито-глинистые, глинистые, алевритовые сланцы, фациально замещающие доломиты по латерали. Область их накопления – быстро развивающаяся достаточно крупная депрессия (или ряд депрессий), для которой характерно осадконакопление, связанное с потоками турбидитов. Отложения турбидитов фиксируются инъективными (неоднократными) проявлениями в разрезе субформации, что нарушает общий спокойный тип осадконакопления в прогибах асимметричного профиля заложения. Пачки турбидитов имеют различную мощность, что зафиксировано в разрезах токминской серии в береговых обнажениях рек Моряниха, Ангара и Енисей.

Петрохимический состав турбидитов контрастный в связи с разнообразием петрографических разновидностей. Главная особенность состава кар-

бонатных пород – высокая железистость преобладающих доломитов. Основная часть проб содержит расчётное количество FeCO_3 от 10 до 25 %, при этом количество расчётного родохромита составляет 1–3 %. Значения глинозёмистого модуля карбонатных пород указывают на силицистый (песчано-алевритовый) состав силикатной примеси. Пробам с галенитом и сфалеритом сопутствуют повышенные содержания кремнезёма. Соотношение щелочей свидетельствует о принадлежности примесного силикатного материала к натровому семейству, что отражает низкую зрелость глинистой части примеси и (или) присутствие пеплового материала.

По химическому составу среди карбонатных пород, слагающих обломочную часть оползней, обособляются два типа – анкеритового и кальцитового составов. Первый тип больше второго обогащён силикатной, преимущественно кварцевой примесью. Кроме того, существует кремнистый тип обломков, в которых содержание CO_2 составляет менее 12 %. В карбонатных породах из оползневых горизонтов по сравнению с подстилающими биогенно-хемогенными отложениями уменьшается содержание MnO и P_2O_5 , что свидетельствует о высокой зрелости материала, питающего мутьевые потоки.

Изменение соотношения CaO-MgO в разрезах рудовмещающих литотипов пород на месторождениях с различными рудно-формационными типами отражены на диаграммах, составленных и скорректированных М. Н. Зайцевой по палетке Фролова [15, 16] (рис. 3, а–в). На этих диаграммах отчётливо прослеживается тенденция преобладания карбонатных литофаций в рудном, надрудном и подрудном пространствах на месторождениях свинцово-цинковых руд Меркурихо-Морянинского рудного поля (см. рис. 3, а) и их смешанный состав на Россохинском (см. рис. 3, б) и Горевском рудных полях (см. рис. 3, в).

Наиболее выдержанный элемент разреза – тёмно-серые, реже чёрные глинистые, алеврито-глинистые сланцы, содержащие хлоритоид (в среднем около 10 %). В своём развитии они тяготеют к нижней части формации, известняки – к верхней её части, но вместе с тем известны интервалы разреза с переслаиванием хлоритоидных сланцев и известняков, а также отдельные прослои тех или других в составе однородного разреза. Не-

яснослоистые известняки интерпретируются как хемогенный тиховодный пелагический тип отложений. С ним ассоциирует литотип хлоритоидных сланцев, относимый к механогенным тиховодным пелагическим отложениям. Широко распространены известняки с подводно-оползневыми текстурами.

Резко изменчивая мощность карбонатных отложений по разрезу и различное количественное соотношение разнофациальных отложений, по-видимому, отражают условия быстрого прогибания бассейна, когда в одних участках шло нормальное накопление сравнительно глубоководных отложений, в других – резкое сокращение их мощности за счёт «соскальзывания» их по склону, в-третьих – резкое увеличение мощности за счёт преобладания оползневых типов.

Среди второстепенных членов в разрезах присутствуют линзовидные прослои карбонатных турбидитов и обломочных известняков. Эти образования могут быть интерпретированы как отложения, возникающие в результате размыва подводными течениями палеоподнятий с рифогенными (биогермными) известняками.

В целом карбонатные породы по химическому составу соответствуют слабоглинистым известнякам. Содержание расчётного глинистого вещества не превышает 10–15 %, а содержание свободного кремнезёма 4–5 %. Углеродистые алевриты относятся к одному обобщённому генетическому типу отложений – углеродистые пиритоносные сланцы застойных пелагических обстановок осадконакопления и ассоциирующие с ними карбонатно-глинистые отложения.

Углеродисто-терригенно-карбонатная формация – основная рудовмещающая, залегает согласно на подрудной; переход между формациями постепенный. Границу, по-видимому, следует проводить по появлению углеродистых сланцев и общему повышению содержания $\text{C}_{\text{орг}}$. Эта часть общего разреза Тунгусикского формационного комплекса в пределах площади в естественных обнажениях вскрывается редко и неполно (в интервале между устьями притоков Рудаковка и Блохина на правом берегу р. Ангара). Разрезы формации вскрываются опытно-промышленным карьером и скважинами на месторождении Горевское. Среди пород встречаются (в порядке распространённости): известняки, глинистые уг-

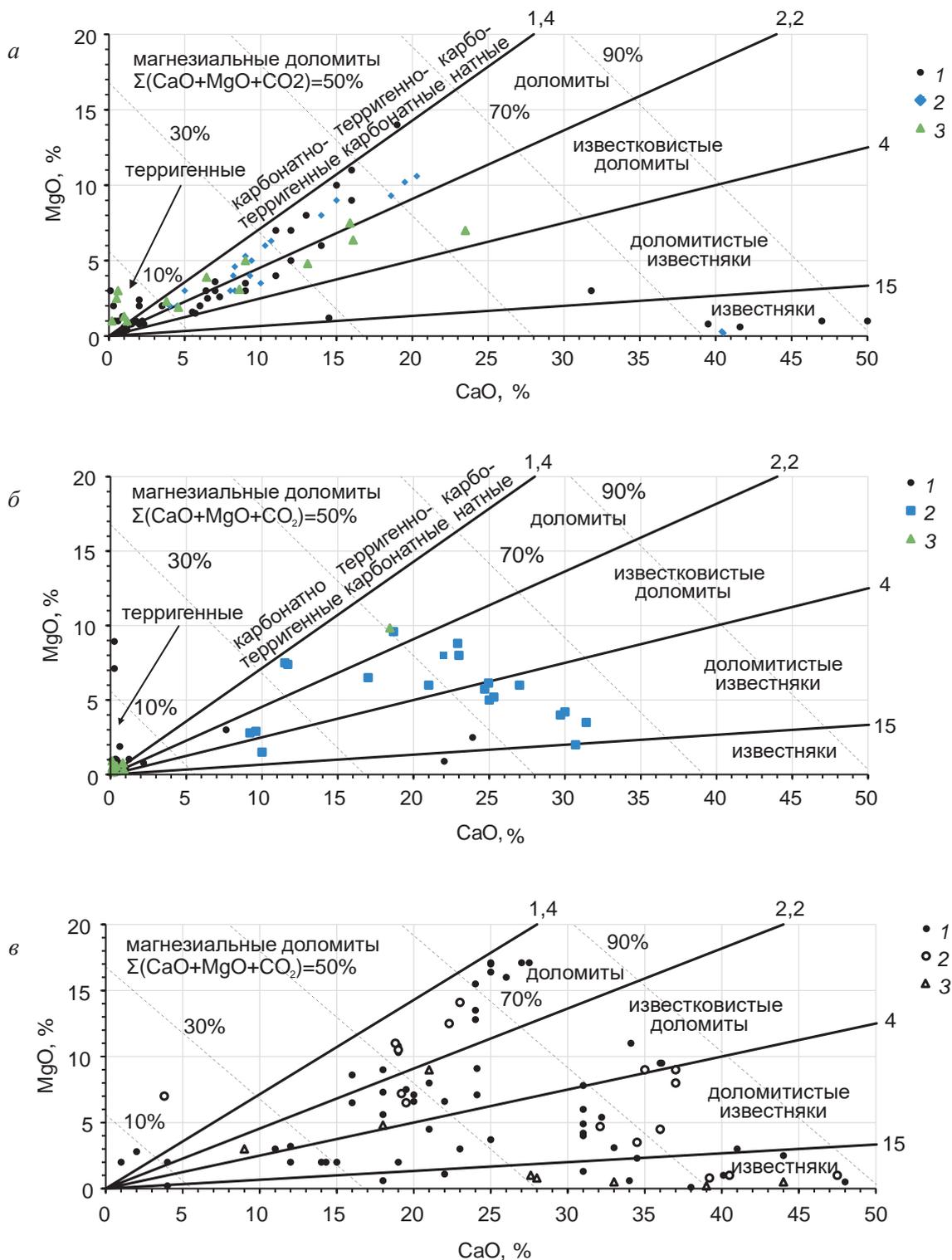


Рис. 3. ДИАГРАММА СООТНОШЕНИЯ CaO–MgO ДЛЯ ПОРОД, РАСПРОСТРАНЁННЫХ В ПРЕДЕЛАХ МЕРКУРИХО-МОРЯНИХИНСКОГО (а), РОССОХИНСКОГО (ЛИНЕЙНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ) (б), ГОРЕВСКОГО (в) РУДНЫХ ПОЛЕЙ

леродсодержащие известняки, глинистые, алевро-глинистые углеродсодержащие сланцы, доломиты, анкериты, сидериты, кремнистые сидериты, реже силициты (см. рис. 3, в).

Особенность разреза формации – наличие хемогенных железомарганцевых карбонатных фаций, которые на относительно коротком (первые сотни метров) интервале сменяются кремнисто-известковистыми и доломитовыми фациями. По простиранию разреза формации на север отчётливо фиксируется смена этих фаций на углеродисто-глинисто-известковистые, мергелистые и кремнисто-известняковые, которые далее сменяются на существенно-вулканогенно-карбонатные фации, с соотношением вулканогенного и карбонатного материала, близким к 1:1. Верхняя часть разреза сложена алевро-глинистыми известняками и слабоалевритистыми известняками, углеродсодержащими глинистыми известняками. Наиболее распространены слоистые (от микро- до толстослоистых), часто ритмично-слоистые породы с широким развитием градационной косой слоистости. Более редки массивные, подводно-оползневые, интракластовые, конкреционные и оолитоподобные известняки. Распределение перечисленных текстурных разновидностей карбонатных пород, а также примесных компонентов ($C_{орг}$, глинистое вещество, кварц, доломит, Fe-содержащие карбонаты) в общем разрезе формации закономерны. Так, к нижней части формации приурочены повышенные содержания $C_{орг}$ доломит наиболее широко развит в верхней части, хотя обособленные его прослои наблюдаются и в переходной зоне от нижней к средней части формации. Алевроитовый кварц и глинистое вещество наиболее распространены в нижней и верхней частях. Градационно-слоистые и косослоистые известняки широко развиты в нижней части формации, хотя косая слоистость в отдельных прослоях встречается как в средней, так и верхней частях.

В составе формации выделяются следующие генетические типы пород:

- механогенные отложения карбонатного и силикатного составов, карбонатные турбидиты, тиховодные пелагические отложения силикатного состава, оползневые карбонатные отложения, брекчиевые (осыпные), связанные с оползневыми процессами;
- хемогенные тиховодные пелагические карбонатные отложения;

- хемогенные со значительной долей эксгальационного материала.

Характерная особенность турбидитов (механогенный тип отложений) – присутствие значительных количеств мелко-, тонкообломочного (матричного) карбонатного материала в составе градационных ритмов. Максимальное развитие этот генетический тип получил среди отложений флишовой формации, а в углеродисто-кремнисто-карбонатной он встречается значительно реже. Вместе с тем появление здесь турбидитов указывает на общий глубоководный характер всех отложений. Судя по размерности обломочной фракции градационных серий, турбидиты относятся к дистальному типу. Часть их отлагалась, по-видимому, из низкоплотностных мутьевых потоков.

К хемогенным тиховодным пелагическим отложениям силикатного состава относятся углеродсодержащие глинистые, алевро-глинистые сланцы известняково-углеродисто-сланцевой субформации. Алевроитовая составляющая в этих отложениях обязана своим происхождением выносу зрелого в минералогическом отношении кварцевого материала со стороны континента.

Оползневые карбонатные отложения, развитые в верхней части разреза, фациально связаны с карбонатными турбидитами и имеют в целом незначительное развитие, указывая на непосредственную близость склона и/или существование крупных положительных аккумулятивных форм рельефа (турбидитные конусы выноса). Брекчиевые отложения, фациально связанные с оползневыми отложениями и турбидитами, слагают отдельные слои небольшой мощности.

Хемогенные тиховодные пелагические отложения соответствуют литотипу известняков с однородной массивной текстурой и равномерно распределённой терригенной алевро-глинистой примесью. Они слагают отдельные слои и серии слоёв в нижней части углеродисто-кремнисто-карбонатной формации. Хемогенные отложения со значительной долей эксгальационного материала соответствуют литотипу железистых, кремнистых доломитов, сидеритов, анкеритов, кремнистых сидеритов, силицитов. Встречаются в составе сланцево-карбонатной субформации.

Наиболее высокие скорости осадконакопления характерны для отложений верхней части разреза. Преобладание в ней карбонатных (шламовых) турбидитов как генетического типа отло-

жений, терригенно-карбонатный состав ритмично-слоистых отложений, уменьшение величины содержания углеродистого вещества по сравнению с предыдущей формацией (вследствие резкого увеличения скорости осадконакопления) позволяют уверенно относить эти отложения к карбонатному флишу. Высокие скорости осадконакопления в это время, по-видимому, следует рассматривать как неблагоприятный фактор для формирования синхронного гидротермально-осадочного полиметаллического оруденения.

Вулканогенно-терригенная формация (надрудная) заканчивает формирование тунгусикского формационного комплекса, согласно залегает на отложениях флишоидной субформации. В её нижней части наиболее развиты различного типа сланцы, сформированные за счёт алевролитов, аргиллитов, в том числе углеродистых, и алевропесчаников; в верхней части (сланцево-кварцевая субформация) преобладают мелко- и среднезернистые песчаники, реже алевропесчаники с пропластками глинистых сланцев.

С перечисленными выше геологическими формациями тесно связаны стратиформные рудные формации колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых руд Енисейской провинции. С учётом формационно-фациального строения и минерального состава руд выделяются следующие рудные формации и соответствующие им геолого-промышленные типы месторождений и рудных полей [4, 5]:

1. *Свинцово-цинковый стратиформный в терригенно-карбонатных и карбонатных толщах (VMST)*, рудоносная геологическая формация – терригенно-карбонатная (биогермная). Рудовмещающие палеоструктуры – биогермные постройки на склонах палеоподнятий. В пределах формации выделяются два минеральных типа месторождений: галенит-сфалеритовый в силицит-доломитовых и кремнисто-доломитовых породах и пирит-галенит-сфалеритовый в доломитовых, глинисто-доломитовых и известняково-доломитовых породах. В районе формации представлены Морянихинским, Меркурихинским, Крутым, Сухопитским и др. месторождениями и рудопроявлениями.

2. *Колчедансодержащий цинково-свинцовый в кремнисто-карбонатных толщах (SEDEX)*, рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная. Рудовмещающие структуры – палео-

впадины между палеоподнятиями. Минеральные типы месторождений (пирит-пирротин)-сфалерит-галенитовый в сидеритовых и силицит-сидеритовых породах и пирит-(пирротин)-галенит-сфалеритовый в силицитовых, доломит-силицитовых и сидерит-силицитовых породах. Примерами месторождений могут служить Горевское, Токминское, Пихтовое, Блохинское и др.

3. *Колчеданно-полиметаллический в углеродисто-терригенных (черносланцевых) толщах (SEDEX)*, рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная. Рудовмещающие структуры – палеовпадины в присклоновых частях палеопрогибов. Минеральные типы месторождений – галенит-сфалерит-пиритовый в глинисто-углеродистых, кремнисто-углеродистых породах и сфалерит-халькопирит-пиритовый в вулканогенно-углеродистых и вулканогенно-углеродисто-кремнистых породах. Примеры месторождений: Линейное, Лимонитовое, Подлунное и др.

Кроме названных колебаний в составе рудоносных отложений и структурно-палеоструктурной позиции месторождений отчётливо проявлено изменение содержания углерода рудовмещающих пород в различных геолого-промышленных типах (рис. 4). Общая тенденция хорошо прослеживается: наиболее низкие содержание $C_{орг.}$ на объектах свинцово-цинкового стратиформного геолого-промышленного типа, а наиболее высокие – на колчеданно-полиметаллических. Если учесть, что

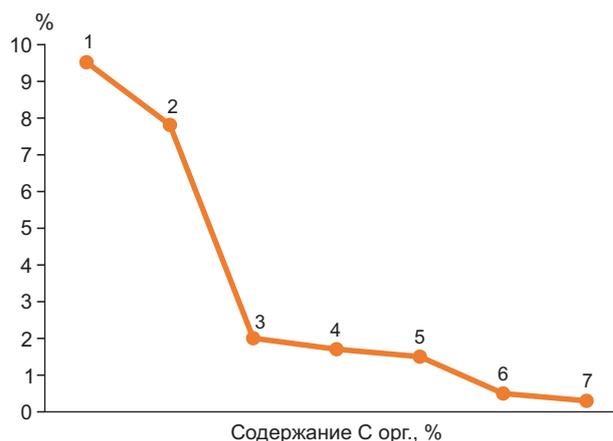


Рис. 4. СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ $C_{орг.}$ В РУДНЫХ ФОРМАЦИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫМ ТИПАМ:

Россохинский тип: 1 – Россохинское, 2 – Блохинское; Горевский тип: 3 – Южное Горевское, 4 – Пихтовое, 5 – Горевское; Морянихинский тип: 6 – Морянихинское, 7 – Сухопитское

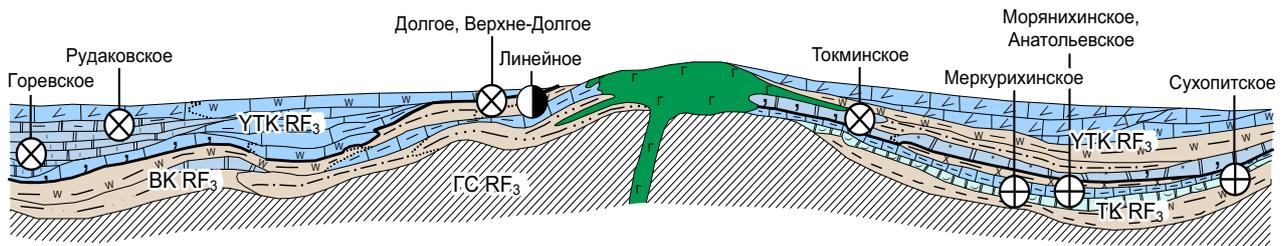


Рис. 5. СХЕМА ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИИ ОБСТАНОВОК ЛОКАЛИЗАЦИИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АНГАРО-БОЛЬШЕПИТСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, СОСТ. М. Н. ЗАЙЦЕВА:

усл. обозн. см. на рис. 2

аналогично возрастает колчеданность руд, то связь этих параметров, т. е. минерального типа руд с изменением углеродистости рудовмещающих отложений, не вызывает сомнений.

Типовые обстановки поисков рудных полей в рассматриваемой Ангаро-Большепитской минерагенической зоне определяются комплексом литолого-структурных факторов, главными из которых являются рудоносные уровни разреза рудовмещающих горизонтов и приуроченность к конкретным литологическим фациям локальных впадин. Модели рудных полей и месторождений как основа прогноза и поиска определяются из их типов по условиям возникновения и реальным обстановкам нахождения, которые обусловлены сочетанием геологических условий формирования рудных залежей с типом и интенсивностью последующих тектоно-метаморфических преобразований. Выделение обстановок формирования рудных залежей свинцово-цинковых месторождений Енисейского кряжа основывается на типе, форме и размерах рудоконтролирующих палеодепрессий со сложным рельефом дна, определявшего позицию локальных впадин и разделяющих их поднятий, часто с конседиментационными разломами. Последние обуславливали формирование участков для разгрузки гидротермальных рудных систем с рудоподводящими каналами.

Палеовпадины, контролирующие размещение рассматриваемых месторождений, или имеют изометрическую форму с крутыми бортами, или представлены удлинёнными узкими пологими формами.

Рудовыводящие каналы достоверно не устанавливаются и в большинстве случаев могут лишь предполагаться исходя из общей геолого-геохимической обстановки.

Рудные концентрации связаны с рудоносными геологическими формациями, которые в латеральном ряду характеризуются фациальной изменчивостью с развитием в удалённых зонах центров вулканизма. Продуктивными являются углеродисто-терригенные (черносланцевые), углеродисто-терригенно-карбонатные и терригенно-карбонатные (биогермные) отложения с резко пониженной вулканогенной составляющей, выполняющие наиболее прогнутые части палеогибов и рифогенные постройки на плечах палеогибов или конседиментационных разломов.

Типы обстановок нахождения свинцово-цинковых месторождений определяются их приуроченностью к терригенно-доломитовым, глинисто-кремнисто-мергелисто-сидеритовым и углеродисто-терригенным ассоциациям литофаций, формирующихся в локальных впадинах, а также к карбонатным литофациям рифогенной формации, приуроченной к конседиментационным палеоподнятиям, что отражено на рисунке 5. Значительную роль играет контроль оруденения долгоживущими рудовыводящими и рудоконтролирующими разломами, связанными с очагами вулканической активности (таблица).

Для характеристики обстановок нахождения важное значение имеет соотношение пластового стратиформного оруденения с бедным штокверковым зоны подводящего канала.

Условия ведения поисков месторождений определяются в первую очередь типом модели и характером изменения первоначальной ориентировки рудовмещающих горизонтов и рудных тел. Типов моделей, как было показано, при поисках три: колчеданно-полиметаллическая в терригенных комплексах, цинково-свинцовая в кремнисто-

ТИПЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И ИХ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Элементы-признаки	Рудные поля с колчедансодержащим цинково-свинцовым оруденением	Рудные поля с колчеданно-полиметаллическими месторождениями в углеродисто-терригенных толщах	Рудные поля со стратиформными свинцово-цинковыми месторождениями в карбонатных комплексах
Рудовмещающая палеоструктура	Палеопрогобы II–III порядков		Палеоподнятия II–III порядков с биогермными постройками
Надрудная формация	Песчано-глинисто-сланцевая и углеродисто-известняковая (флишоидная)	Толщи углеродисто-терригенно-карбонатной формации	Вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатной формации
Рудоносная формация и её геологический возраст	Углеродисто-кремнисто-карбонатная позднерифейская с преобладанием хемогенных карбонатных фаций повышенной магниальности и железистости (до сидеритов). Верхний рифей	Вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатно-терригенная (черносланцевая), в составе которой преобладают углеродистые карбонатно-алеврито-глинистые сланцы. Верхний рифей	Терригенно-карбонатная (биогермная) с примерно равным соотношением терригенного и карбонатного материалов. Возможно наличие вулканогенных фаций. Верхний рифей
Рудовмещающая фациальная зона по отношению к центрам вулканизма	Удалённые зоны	Промежуточная зона	Периферия биогермных построек, представленных в современных структурах структурно-формационными блоками II–III порядков
Подрудная формация	Песчано-глинисто-сланцевая и углеродисто-известняковая (флишоидная)	Терригенно-карбонатная (биогермная) формация с органогенными и глинистыми известняками, доломитами	Кремнисто-алевролитоглинистые и алеврито-глинистые отложения песчано-глинисто-сланцевой формации
Минералогические	Без ореолов вкрапленной минерализации	Вкрапленная послойная пиритовая минерализация, в углеродсодержащих горизонтах достигает максимальных концентраций на рудоносных участках	Общая пиритовая заражённость выше фоновой. Форма выделения – гнёзда, обломковидные выделения и сингенетичная послойная минерализация
Геохимические	Повышенные по отношению к региональному кларку концентрации локальных аномалий свинца и цинка, реже серебра		

карбонатных и свинцово-цинковая стратиформная. По характеру изменения первоначальной ориентировки могут быть названы следующие обстановки:

1. Не испытывавшие существенных преобразований – субгоризонтального или слабонаклонного залегания;
2. Имеющие в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма залегание наклонное или субвертикальное;
3. В условиях эпидот-амфиболитовой фации за-

легание субвертикальное или опрокинутое, с развитием разноэтапной изоклинальной и флексуобразной складчатости.

Из имеющихся в настоящее время примеров рассматриваемых типов месторождений первый тип не проявлен в условиях Енисейского кряжа. Линейное, Морянихинское, Меркурихинское, Токминское и Сухопитское месторождения соответствуют второму типу, Главное, Северо-Западное и Западное рудные тела Горевского – третьему.

В заключение отметим:

- Структурно-формационные рифейские комплексы Енисейского кряжа состоят из двух групп: нижней – вулканогенно-терригенно-сланцевой (сухопитская серия), специализированной на золотое и в меньшей степени медно-колчеданное оруденение, верхней – вулканогенно-терригенно-карбонатной (тунгусикская серия), специализированной на свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение;
- В составе Тунгусикского формационного комплекса Ангаро-Большепитской минерагенической зоны выделяются: песчано-глинисто-сланцевая (подрудная) и рудовмещающие (рудоносные) – терригенно-карбонатная (биогермная), вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатная формации, каждая из которых характеризуется своим специфическим набором литофаций. Преобладают западинно-шельфовые (возможно, пелагические) тиховодные глинистые отложения, которые включают редкие слои дистальных алеврито-глинистых турбидитов. Образование этих отложений происходило в локальных впадинах, разделённых частными палеоподнятиями с рифогенными постройками. На основании ассоциирования рудных и геологических формаций, фиксирующих определённый тектонический режим развития, выделяются следующие рудно-формационные типы месторождений и типы рудных полей региона:
 1. Свинцово-цинковый стратиформный в карбонатных комплексах (Миргалимсайский), рудоносная геологическая формация – терригенно-карбонатная (биогермная);
 2. Колчедансодержащий цинково-свинцовый (Атасуйский) в кремнисто-карбонатных комплексах, рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная;
 3. Колчеданно-полиметаллический в углеродисто-терригенных комплексах (Филизчайский), рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная формация.
- Выявлено изменение содержания углерода в рудовмещающих породах в различных рудно-формационных типах. Наиболее низкое содержание углерода характерно для объектов свинцово-цинкового стратиформного типа, а

наиболее высокое – для колчеданно-полиметаллических. Если учитывать, что так же возрастает колчеданность руд, то связь этих параметров, т. е. минерального типа руд с изменением углеродистости рудовмещающих отложений, не вызывает сомнений.

- Возможны три принципиальных типа обстановок формирования стратиформных рудных ассоциаций Енисейского кряжа: во впадинах вблизи или над рудовыводящими каналами; во впадинах, удалённых от рудовыводящих каналов или сопряжённых с ними; в пологих палеовпадинах, расположенных в привершинных частях и на склонах палеоподнятий.
- Условия ведения поисков месторождений определяются в первую очередь типом фациального строения, структурной позицией и степенью метаморфизма рудовмещающих горизонтов и рудных тел. В Ангаро-Большепитской зоне Линейное, Морянихинское, Меркурихинское, Токминское и Сухопитское месторождения метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма – залегание наклонное или субвертикальное; Главное, Северо-Западное и Западное рудные тела Горевского месторождения метаморфизованы в условиях эпидотамфиболитовой фации – залегание субвертикальное или опрокинутое, с развитием разноэтапной изоклиальной и флексуорообразной складчатости.
- Разработка направлений дальнейших работ, ориентированных на выявление новых полиметаллических объектов, определяется результатами прогнозно-металлогенических построений на основе обстановок накопления и локализации промышленных концентраций рудного вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровков Г. Н., Ли Л. В., Пономарев В. Г., Хохлов А. П., Шерман М. Л. Металлогения Енисейского кряжа // Закономерности размещения полезного ископаемого. Т. XV. Металлогения Сибири. – М.: Наука, 1988. – С. 140–144.
2. Викентьев И. В. Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд. – М.: Научный мир, 2004. – 344 с.

3. Донец А. И., Конкин В. Д. Геолого-промышленные типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах // Отечественная геология. – 2017. – № 6. – С. 31–39.
4. Зайцева М. Н., Инякин А. В. Типы месторождений свинца и цинка Енисейского кряжа и основы их прогноза и поисков // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 167–168.
5. Зайцева М. Н., Инякин А. В., Кузнецов В. В., Конкина А. А. Прогнозно-поисковые модели полиметаллических месторождений Енисейского кряжа // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сборник тезисов докладов VIII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 128–129.
6. Конкин В. Д., Галямов А. Л., Донец А. И., Окулов А. В. Стратиграфические уровни локализации золоторудных и свинцово-цинковых месторождений Енисейской и Ленской провинций // Руды и металлы. – 2019. – № 4. – С. 17–33.
7. Кривцов А. И. Металлогенический кодекс России : монография / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [и др.] ; сост. А. И. Кривцов [и др.]. – М. : Геокарт-ГЕОС, 2012. – 124 с.
8. Кривцов А. И. Методические основы прогнозно-металлогенических построений // Руды и металлы. – 2010. – № 1. – С. 69–73.
9. Кузнецов В. В., Галямов А. Л., Кудрявцева Н. Г. Литолого-фациальный анализ рудоносных вулканогенно-осадочных отложений в целях прогноза и поиска месторождений рудноалтайского типа // Руды и металлы. – 2011. – № 3–4. – С. 105–106.
10. Кузнецов В. В., Инякин А. В., Серавина Т. В., Зайцева М. Н., Корчагина Д. А. Перспективы выявления месторождений свинца и цинка в пределах Салаирской и Ангаро-Большепитской минерагенических зон // Цветные металлы и минералы – 2019 : сборник докладов Одиннадцатого Международного конгресса. – 2019. – С. 677–686.
11. Кузнецов В. В., Серавина Т. В. Прогноз и поиски месторождений свинца и цинка в вулканогенных (VMS) и терригенно-карбонатных ассоциациях (SEDEX) // Новые идеи в науках о Земле. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 173–176.
12. Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Корчагина Д. А. Минерально-сырьевая база и обстановки локализации полиметаллических месторождений Сибири // Руды и металлы. – 2017. – № 1. – С. 19–32.
13. Пономарёв В. Г., Забиров Ю. А. Поисковые признаки и оценочные критерии свинцово-цинкового оруденения Енисейского кряжа. – Новосибирск : ИГиГ СО АН СССР, 1988. – 141 с.
14. Серавина Т. В., Конкина А. А. Особенности локализации докембрийских стратиформных месторождений свинца и цинка Сибири // Труды Кольского научного центра РАН. – 2019. – Т. 10, № 6–1. – С. 206–214.
15. Фролов В. Т. Генетическая типизация морских отложений. – М. : Недра, 1984. – 222 с.
16. Хачатуров М. М., Зайцева М. Н. Петрохимические особенности рудовмещающих отложений Ангарского рудного района // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 206–207.

REFERENCES

1. Brovko G. N., Li L. V., Ponomarev V. G., Khokhlov A. P., Sherman M. L. Metallogeniya Eniseiskogo kryazha [Metallogeny of the Yenisei Ridge], *Zakonomernosti razmeshcheniya poleznogo iskopaemogo. T. XV. Metallogeniya Sibiri [Regularities of mineral distribution. V. XV. Metallogeny of Siberia]*, Moscow, Nauka Publ., 1988, pp. 140–144. (In Russ.).
2. Vikent'ev I. V. Usloviya formirovaniya i metamorfizm kolchedannykh rud [Formation conditions and metamorphism of pyrite ores], Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2004, 344 p.
3. Donets A. I., Konkin V. D. Geologo-promyshlennye tipy i regional'nye geologicheskie osobennosti stratiformnykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdenii v karbo-natnykh tolshchakh [Geological and industrial types and regional geological features of stratiform lead-zinc deposits in carbonate strata], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2017, No 6, pp. 31–39. (In Russ.).

4. Zaitseva M. N., Inyakin A. V. Tipy mestorozhdenii svintsa i tsinka Eniseiskogo kryazha i osnovy ikh prognoza i poiskov [Types of lead and zinc deposits of the Yenisei Ridge and the basics of their forecast and prospecting], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov : sbornik tezisev dokladov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond, precious and non-ferrous metals: Collection of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 167–168. (In Russ.).
5. Zaitseva M. N., Inyakin A. V., Kuznetsov V. V., Konkina A. A. Prognozno-poiskovye modeli polimetallicheskikh mestorozhdenii Eniseiskogo kryazha [Predictive search models of polymetallic deposits of the Yenisei Ridge], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov : sbornik tezisev dokladov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond, precious and non-ferrous metals deposits: Collection of abstracts of the VIII International Scientific and Practical Conference], 2018, pp. 128–129. (In Russ.).
6. Konkin V. D., Galyamov A. L., Donets A. I., Okulov A. V. Stratigraficheskie urovni lokalizatsii zolotorudnykh i svintsovo-tsinkovykh mestorozhdenii Eniseiskoi i Lenskoi provintsii [Stratigraphic levels of localization of gold and lead-zinc deposits of the Yenisei and Lena provinces], *Rudy i metallurgy [Ores and Metals]*, 2019, No 4, pp. 17–33. (In Russ.).
7. Krivtsov A. I. Metallogenicheskii kodeks Rossii : monografiya [Metallogenic code of Russia], Moscow, Geokart-GEOS Publ., 2012, 124 p.
8. Krivtsov A. I. Metodicheskie osnovy prognozno-metallogenicheskikh postroenii [Methodological Foundations of predictive metallogenic constructions], *Rudy i metallurgy [Ores and Metals]*, 2010, No 1, pp. 69–73. (In Russ.).
9. Kuznetsov V. V., Galyamov A. L., Kudryavtseva N. G. Litologo-fatsial'nyi analiz rudonosnykh vulkanogenno-osadochnykh otlozhenii v tselyakh prognoza i poiska mestorozhdenii rudnoaltaiskogo tipa [Lithological-facies analysis of ore-bearing volcanogenic-sedimentary deposits in order to forecast and search for deposits of the Rudno-Altai type], *Rudy i metallurgy [Ores and Metals]*, 2011, No 3–4, pp. 105–106. (In Russ.).
10. Kuznetsov V. V., Inyakin A. V., Seravina T. V., Zaitseva M. N., Korchagina D. A. Perspektivy vyyavleniya mestorozhdenii svintsa i tsinka v predelakh Salairskoi i Angarobol'shepitskoi mineragenicheskikh zon [Prospects for identifying lead and zinc deposits within the Salair and Angara-Bolshepitskaya mineragenic zones], *Tsvetnye metallurgy i mineraly – 2019 : sbornik dokladov Odinnadtsatogo mezhdunarodnogo kongressa* [Non-ferrous metals and minerals – 2019: collection of reports of the Eleventh International Congress], 2019, pp. 677–686. (In Russ.).
11. Kuznetsov V. V., Seravina T. V. Prognoz i poiski mestorozhdenii svintsa i tsinka v vulkanogennykh (VMS) i terrigenno-karbonatnykh assotsiatsiyakh (SEDEX) [Forecast and prospecting for lead and zinc deposits in volcanic (VMS) and terrigenous-carbonate associations (SEDEX)], *Novye idei v nauках o Zemle. Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [New ideas in earth sciences. Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 173–176. (In Russ.).
12. Kuznetsov V. V., Seravina T. V., Korchagina D. A. Mineral'no-syr'evaya baza i obstanovki lokalizatsii polimetallicheskikh mestorozhdenii Sibiri [Mineral resource base and localization environment for polymetallic deposits in Siberia], *Rudy i metallurgy [Ores and Metals]*, 2017, No 1, pp. 19–32. (In Russ.).
13. Ponomarev V. G., Zabiroy Yu. A. Poiskovye priznaki i otsenochnye kriterii svintsovo-tsinkovogo orudneniya Eniseiskogo kryazha [Search signs and evaluation criteria for lead-zinc mineralization of the Yenisei Ridge], Novosibirsk, IGI SB AS USSR Publ., 1988, 141 p.
14. Seravina T. V., Konkina A. A. Osobennosti lokalizatsii dokembriiskikh stratiformnykh mestorozhdenii svintsa i tsinka Sibiri [Features of localization of Precambrian stratiform lead and zinc deposits in Siberia], *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2019, V. 10, No 6-1, pp. 206–214. (In Russ.).
15. Frolov V. T. Geneticheskaya tipizatsiya morskikh otlozhenii [Genetic typification of marine sediments], Moscow, Nedra Publ., 1984, 222 p.
16. Khachaturov M. M., Zaitseva M. N. Petrokhimicheskie osobennosti rudovmeshchayushchikh otlozhenii Angarskogo rudnogo raiona [Petrochemical features of ore-hosting deposits of the Angarsk ore region], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh me-*

tallov : sbornik tezisov dokladov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation

of diamond deposits, noble and non-ferrous metals: Collection of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 206–207. (In Russ.).

LEAD AND ZINC DEPOSIT FORMATION CONDITIONS WITHIN ANGARA-BOLSHEPITSK MINERAGENIC ZONE, YENISEI RIDGE

M. N. Zaitseva (researcher)
V. V. Kuznetsov (PhD, Head of base metals department)
V. D. Konkin (PhD, leading researcher)
T. V. Seravina (PhD, Deputy Head of base metals department)
A. V. Inyakin (researcher)
N. N. Bogoslavets (researcher)
M. M. Khachaturov (engineer)

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

The paper shows the main characteristics for geological and associated ore formations in the Tungusik formation complex. Ore formation deposit types and ore field types in the region are identified and described. Based on the identified lithofacies, the paleoenvironment of stratiform ore associations formation is characterized. The role of metamorphism and structural factors affecting prospecting conditions are shown. The relationship between the mineral type of ores and organic carbon content in ore-bearing strata for various geological and economic types has been revealed. The obtained and generalized data are of practical interest in designing forecasting/prospecting deposit models and improving prospecting efficiency.

Keywords: Yenisei ridge, Angara-Bolshepitsk mineragenic zone, Tungusik formation complex, stratiform polymetallic deposits, ore formations, deposit formation conditions, geological and economic types.





ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ СВИНЦА И ЦИНКА ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

Собрана информация об известных месторождениях, рудопроявлениях и пунктах минерализации свинца и цинка Енисейского кряжа. Обобщены последние данные по геологии и металлогении свинца и цинка региона. Дана краткая характеристика объектов и проведена их рудно-формационная типизация. Было рассмотрено положение объектов в стратиграфическом разрезе, связь с геологическими формациями и тектоническими структурами с последующими выводами о закономерностях размещения объектов и металлогенической зональности территории. Проанализировано положение полиметаллического оруденения в региональных геофизических и геохимических полях, что позволило выявить тренд свинец → цинк → барий от Ишимбинского разлома к Сибирской платформе и возможность обнаружения промышленно значимой полиметаллической минерализации в восточной части Енисейского кряжа.

Ключевые слова: Енисейский кряж, Ангарский рудный район, полиметаллические месторождения, тектонические структуры в гравитационном поле, закономерности распределения, металлогеническая зональность, свинец, цинк.

Енисейский кряж – одна из ведущих минерально-сырьевых провинций России с большим разнообразием полезных ископаемых (Au, Ag, Pb, Zn, Fe, Mn, Sb и др.). С открытием в 1956 г. Горевского свинцово-цинкового месторождения и его последующим изучением и освоением Енисейский кряж начинает рассматриваться как потенциально крупная полиметаллическая провинция. На сегодняшний день выявлены и зарегистрированы 44 свинцово-цинковых объекта в статусе месторождений и рудопроявлений, а также более 200 пунктов полиметаллической минерализации.

Пик открытий и интенсивного изучения полиметаллических объектов пришёлся на последнюю треть двадцатого столетия. В последние пять лет интерес к поискам и разведке полиметаллических объектов значительно вырос, что определило запрос на обобщение данных по Pb-Zn объектам региона с учётом новых сведений по геологии, геохимии и рудоносности.

Цель настоящего исследования – обобщение последних данных по геологии и металлогении свинца и цинка Енисейского кряжа. В основу статьи положен авторский материал, полученный при проведении поисковых и тематических работ на Енисейском кряже, а также данные из фондовых и опубликованных источников [10–12, 14, 18, 22]. Собрана информация по всем известным месторождениям, рудопроявлениям и пунктам минерализации свинца и цинка региона, проведена их рудно-формационная типизация, рассмотрено положение в стратиграфическом разрезе, региональных геофизических и геохимических полях, прослежена связь с геологическими формациями, тектоническими структурами.

Макеев Станислав Михайлович

кандидат геолого-минералогических наук
доцент ВАК, доцент кафедры геологии
месторождений и методики разведки
smmakeev@mail.ru

Муромцев Егор Алексеевич

аспирант
EgorMuromtsevSib@gmail.com

Макаров Владимир Александрович

доктор геолого-минералогических наук,
профессор
директор, заведующий кафедрой геологии
месторождений и методики разведки
VMakarov@sfu-kras.ru

Белоконов Георгий Владимирович

аспирант
gbelokonov@gmail.com

Институт горного дела, геологии
и геотехнологий, Сибирский Федеральный
университет,
г. Красноярск

Типы полиметаллических месторождений Енисейского кряжа. Проблеме геологии полиметаллических месторождений и металлогении Енисейского кряжа посвящено много публикаций [2, 3, 9, 13, 15, 16]. Вопросы генезиса и рудно-формационной типизации объектов в различное время поднимались рядом авторов [3, 7, 24]. Большой фактический материал по проблеме накоплен в геологических фондах в результате проведения многочисленных научных и тематических исследований (Г. Н. Бровков, Л. В. Ли, 1984 г.; И. П. Качало, 1989 г.; М. М. Лапшин, 1990 г.; А. Г. Неклюдов, 1995 г.; А. А. Ладынин, 2001 г.; А. Ф. Целыковский, 2004 г. и др.).

Точки зрения на генезис промышленного свинцово-цинкового оруденения на Енисейском кряже с течением времени менялись от магматогенно-гидротермальной гипотезы [1, 6, 29] до осадочной [25] и метаморфогенной [8].

В разное время предлагались различные варианты рудно-формационной типизации полиметаллических объектов (таблица).

Как видно из таблицы, однозначно выделяют четыре основных типа полиметаллических объектов:

- цинк-свинцовое оруденение в терригенно-карбонатных формациях (Горевский тип), он же описывается некоторыми авторами [12] как свинцово-цинковая минерализация в кремнисто-кар-

бонатных породах (Атасуйский геолого-промышленный тип). К. В. Лобанов, В. В. Некос [17], проводя аналогии с зарубежными полиметаллическими месторождениями [30, 31], относят Горевское месторождение к типу SEDEX;

- свинцово-цинковое оруденение в карбонатных (рифогенных) формациях, где Pb-Zn оруденение контролируется биогенными и рифогенными постройками (Морянихинский тип), или, как его ещё называют, свинцово-цинковое оруденение в карбонатных (рифогенных) породах – Миргалимсайский геолого-промышленный тип [12];

- колчеданно-полиметаллическое оруденение в углеродистых сланцевых толщах (Рассохинский тип), или Филизчайский геолого-промышленный тип [12];

- полиметаллическая формация в существенно силикатных средах. Внутри данной формации Г. Н. Бровковым, Л. В. Ли выделены шесть субформаций (полиметаллическая, порфировая, барит-полиметаллическая, полиметаллическая в карбонатно-терригенных средах, колчеданно-полиметаллическая, медно-колчеданная (цинк-медно-колчеданная)).

На основании фондовых работ и опубликованных данных [12, 23, 27] проведена типизация всех выявленных полиметаллических месторождений, проявлений и пунктов минерализации, составлены их кадастр и схема размещения.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМАЦИОННЫХ ТИПОВ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

Автор, год	Формации полиметаллических объектов			
Бровков Г. Н., Ли Л. В., 1984	Свинцово-цинковая в карбонатных породах		Стратиформная колчеданная свинцово-цинковая черносланцевая	Полиметаллическая в существенно силикатных породах
Качало И. П., 1989	Горевский тип	Тенего-Токминский тип	Стратиформный колчеданно-свинцово-цинковый в чёрных сланцах	-
Целыковский А. Ф., 2004	Свинцово-цинковая в кремнисто-карбонатных породах (Горевский геолого-промышленный тип)	Свинцово-цинковая в карбонатных (рифогенных) породах (Морянихинский тип)	Колчеданно-полиметаллическая в углеродистых породах (Рассохинский тип)	-
Классификация, принятая в настоящей работе	Горевский тип (цинк-свинцовая в кремнисто-карбонатных породах)	Морянихинский тип (свинцово-цинковая в карбонатных (рифогенных) породах)	Рассохинский тип (колчеданно-полиметаллическая в углеродистых породах)	Формация полиметаллическая в существенно силикатных породах

Размещение полиметаллических объектов различных формационных типов в геологических структурах Енисейского кряжа отражено на рис. 1. Ниже дана краткая характеристика этих типов.

Оруденение Горевского типа. Этот тип оруденения впервые упоминается в отчёте И. П. Качало в 1989 г. и по многим признакам является подразделением ранее выделенной Г. Н. Бровковым и Л. В. Ли свинцово-цинковой формации. Горевский тип полиметаллического оруденения охарактеризован по одноимённому месторождению. К данному типу относят ряд проявлений Ангарского рудного узла – Картичное, Рудаковское, Долгое, Заречное. К Горевскому типу относят локализованные в карбонатных отложениях объекты с существенным преобладанием свинца над цинком (отношение $Pb:Zn > 5$).

Рудовмещающими образованиями оруденения Горевского типа являются горевско-сухохребтинская вулканогенно-карбонатно-терригенная и орловская вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатная формации. Вмещающие породы – чёрные сланцы, чёрные карбонатные мергели, известняки, доломиты, пепловые туффиты, силициты, сидериты, анкериты. Для месторождения характерны наличие от мелкой до тонкой слоистости карбонатных и глинистых пород, присутствие гидротермально-осадочных образований (сидериты, серициты), за пределами месторождения отмечается заметное упрощение состава пород.

Рудовмещающая толща формировалась в палеотектонической обстановке, представляющей собой часть мелководного бассейна с системой локальных впадин. Рудные тела приурочены к крыльям усложнённых синклинальных складок 4–5 порядков, аномально ориентированных относительно генерального направления структур кряжа с выраженным повышенным динамотермальным метаморфизмом пород. Как правило, тела расположены в пределах пересечения и сопряжения разломов северо-восточного и северо-западного, а также меридиональных направлений.

В пределах рудовмещающей толщи отмечаются секущие дайки метадолеритов, неравномерно распределённые по месторождению. Среди них выделяются как дорудные и сорудные, так и пострудные [28]. Морфологически рудные тела представляют собой линзообразные залежи со сложным внутренним строением, реликтивными участками дроблённых и будинированных слоистых

серицит-сидеритовых и сидеритовых пород. Отмечены случаи перехода с глубиной линзовидных тел в столбообразные. Соотношение основных рудных тел длина / протяжённость по падению / протяжённость по мощности – (1–2) / 1 / (0,06–0,14).

Основные рудные минералы – галенит, сфалерит, пирротин, кварц, сидерит, анкерит; сопутствующие – пирит, магнетит, бурновит, буланжерит, халькопирит, арсенопирит, железистый биотит, тюрингит и др. Для данной рудной формации характерны преобладание существенно свинцовых руд и наличие существенно пирротитовых.

В рудных телах проявлена зональность, выраженная в развитии существенно свинцовых руд в лежащем боку рудной зоны, свинцово-цинковых в висячем, пирротитовых на наиболее низких горизонтах. Отношение средних содержаний $Pb:Zn$ изменяется от 1:0,04 (лежащий бок) до 1:1,56 (висячий бок). Руды прожилково-вкрапленные с широким развитием брекчиевых текстур при отсутствии рудокластов. На отдельных участках локально отмечаются сплошные, существенно галенитовые руды.

Околорудные изменения пород проявлены неравномерно: относительно слабо около контактов со сланцами, значительно – в известняках (доломитизация, анкеритизация, в меньшей степени сидеритизация и окварцевание). Отдельные рудные тела окаймлены маломощной сидерит-анкеритовой оторочкой. Внутри контуров рудных тел местами проявлены интенсивная сидеритизация и окварцевание.

Оруденение Морянихинского типа. В отличие от Горевского типа Морянихинский включает в себя значительное число мелких объектов. В 2004 г. А. Ф. Целыковский описал оруденение этого типа как свинцово-цинковую формацию в карбонатных (рифогенных) породах, в качестве примеров рудопроявлений которой выступают объекты Меркурихо-Морянихинского рудного узла (Меркурихинское, Анатолевское, Петрищевское рудопроявления).

Рудовмещающими образованиями Морянихинского типа являются горевско-сухохребтинская вулканогенно-карбонатно-терригенная, тунгусикская терригенно-карбонатно-сланцевая и кординская терригенно-сланцевая формации.

Состав пород относительно простой: кристаллически-зернистые известняки, водорослевые из-

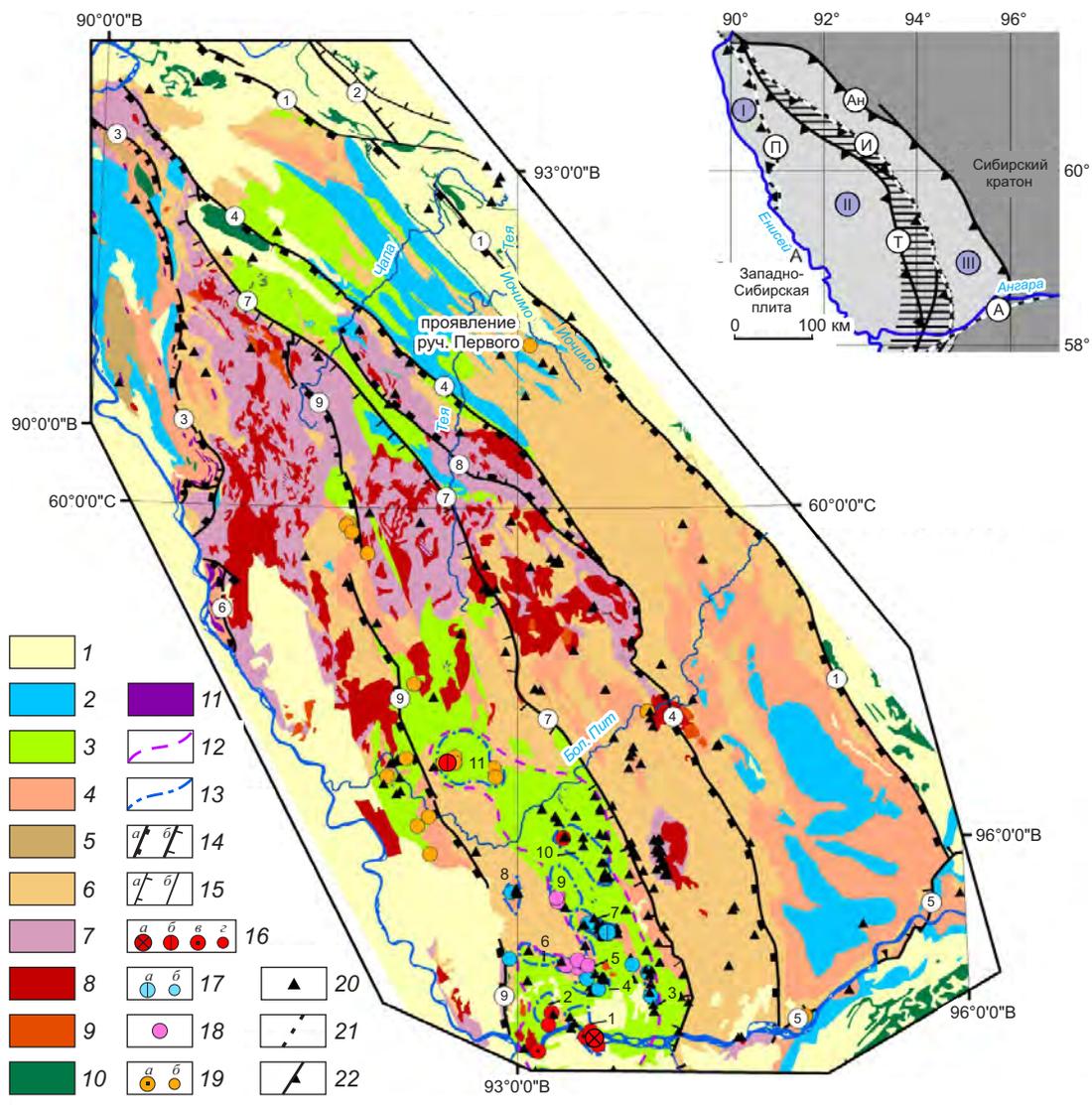


Рис. 1. РАЗМЕЩЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА (ПО И. П. КАЧАЛО, 1970 Г., С ДОПОЛНЕНИЯМИ) И ГРАНИЦЫ ОСНОВНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ БЛОКОВ, ПО [4] (ВРЕЗКА):

на карте: геологические формации: 1 – палеозоя, мезозоя и кайнозоя объединённые, 2 – карбонатно-песчано-алевролитно-аргиллитовая, 3 – терригенно-карбонатно-вулканогенная, 4 – терригенно-карбонатная (известняки, доломиты), 5 – терригенно-вулканогенная, 6 – сланцевая, 7 – дорифейская кристаллосланцевая; интрузивные комплексы: 8 – кислого состава, 9 – среднего, 10 – основного, 11 – ультраосновного; 12 – границы Ангарского рудного района; 13 – рудные узлы (Pb, Zn): 1 – Горевский, 2 – Блохинский, 3 – Петрищевский, 4 – Долгинский, 5 – Рассохинский, 6 – Верхне-Рудиковский, 7 – Меркурихо-Морянихинский, 8 – Рудиковский, 9 – Пихтово-Дауглинский, 10 – Токминский, 11 – Тенегинский; тектонические нарушения: 14 – главные (а – надвиги, б – взбросы), 15 – прочие (а – сбросы, б – неустановленной морфологии); рудные объекты: 16 – Горевский тип (а – крупное месторождение, б – среднее непромышленное месторождение, в – мелкое непромышленное месторождение, з – рудопроявление), 17 – Морянихинский тип (а – среднее непромышленное месторождение, б – рудопроявление), 18 – Рассохинский тип (рудопроявление), 19 – в силикатных средах (а – мелкое непромышленное месторождение, б – рудопроявление), 20 – пункты минерализации неустановленного формационного типа; зоны разломов и их номера (цифры в кружках): 1 – Ангаро-Бахтинский, 2 – Имбакский, 3 – Исаковский, 4 – Ишимбинский, 5 – Нижнеангарский, 6 – Приенсейский, 7 – Татарский, 8 – Тейско-Уволжский, 9 – Усть-Ангарский; на врезке: 21 – террейны (римские цифры в кружках): I – Исаковский, II – Центрально-Ангарский, III – Восточно-Ангарский; 22 – главнейшие разломы: Ан – Ангаро-Бахтинский, И – Ишимбинский, П – Приенсейский, Т – Татарский, А – Нижнеангарский

вестняки и доломиты, анкериты; спорадически отмечаются сланцы (кварц-серицитовые, углеродсодержащие, углеродистые), карбонатизированные туфы, туффиты. Нередко отмечаются биогермные массивы карбонатных пород.

Палеотектоническая обстановка формирования рудовмещающих формаций представляла собой относительно стабильные приподнятые мелководные площади внутренних районов геосинклинального морского бассейна, прилегающие к конседиментационным поднятиям и периодически вовлекающиеся в прогибания, локализованные вдоль биогенных зон осадочных образований повышенной проницаемости. Отмечаются редкие вулканические постройки центрального типа.

Рудопроявления локализованы в бортовых частях синклинальных структур и осложняющих их антиклинальных поднятий на интервалах пересечения разноориентированными разломами толщ существенно карбонатных пород. На площади размещения месторождений и рудопроявлений постоянно присутствуют дайки основного состава, иногда единичные трещинные интрузии и дайки гранит-порфиоров. Взаимоотношения этих магматических образований с оруденением не расшифрованы, и пока можно говорить лишь об имевшей место относительно повышенной эндогенной активности в ареалах проявления оруденения.

Рудные тела представляют собой линзовидные и лентовидные залежи неустойчивой мощности (от 1–2 до 20 м) протяжённостью до нескольких сотен метров (максимум до 800 м) обычно без отчётливых границ. Число рудных тел от 1–2 до 4–5. Отношения длины и мощности рудных тел изменчивы, но большей частью укладываются в пределы (60:1)–(170:1). Максимальная (из установленных) протяжённость по падению около 600 м.

Главные минералы руд – сфалерит, галенит, доломит, анкерит, пирит, спорадически встречается сидерит; аксессуарные – халькопирит, пирротин, иногда флюорит. Отчётливо преобладают существенно сфалеритовые руды с отношением Pb:Zn 1:2 и менее. Среди текстур руд преобладают вкрапленные и прожилково-вкрапленные, иногда неотчётливо полосчатые. Слоистые текстуры руд не отмечены.

В непосредственной близости от рудных зон наблюдаются доломитизация и анкеритизация из-

вестняков, а также слабое окварцевание. Иногда фиксируются мелкие карбонатные, кварц-карбонатные и кварцевые прожилки, отмечаются редкие пострудные жилы и прожилки с флюоритом.

Оруденение Рассохинского типа. К объектам этого типа относят проявления Рассохинского рудного поля (участки Линейный, Лимонитовый), локализованные в углеродистых сланцах. Главная особенность объектов – преобладание существенно-цинковых руд над свинцовыми. Рудовмещающие отложения – горевско-сухохребтинская вулканогенно-карбонатно-терригенная и тунгусикская терригенно-карбонатно-сланцевая формации.

Вмещающие рудные тела породные ассоциации обогащены углеродистым материалом и пиритом. По составу это слоистые кварц-серицитовые сланцы, пласты и линзы кварц-серицитовых и серицит-кварцевых апотуфовых (?) пород; спорадически отмечаются слои среднеобломочных туфов, силицитов, полимиктовых и вулканико-песчаников и гравелитов.

Палеообстановка формирования рудоносных отложений – палеопроби, осложнённые конседиментационными разломами, вдоль которых локально проявлялся вулканизм и приразломные ложбины околвулканической зоны, где накапливались углеродистые глинистые отложения с высоким содержанием пирита.

Магматизм на площади рудного поля представлен дайками основного состава, сложенными брекчиями, некками, единичными потоками лав андезито-базальтов, а также тел крупнообломочных туфов.

Рудные тела размещаются в осложнённых дополнительных складках бортовых частях синклиналей на участках пересечения разнонаправленных разломов. Тела залегают конформно в насыщенных пиритом углеродистых сланцах и апотуфовых сланцеподобных породах и обычно карбонатизированы со стороны лежачего бока. Морфологически колчеданные руды представлены линзами и пластообразными телами мощностью от первых метров до 30 м и протяжённостью от нескольких сотен метров до километра и более. Состав руд значительно изменяется от пиритов с низкими (около 1–1,5 % и менее) содержаниями свинца и цинка до кондиционных колчеданных галенит-сфалеритовых руд. Локальный структурный контроль оруденения выражен в

наиболее масштабном развитии собственно продуктивной минеральной ассоциации на участках пересечения колчеданных тел разломами и проявления гидротермальных процессов.

В рудах господствует пирит. Суммарное содержание галенита и сфалерита (явно преобладает) обычно не превышает 10 %. Примесь меди и других металлов незначительна. В пределах собственно рудных интервалов обычно устанавливаются две минеральные ассоциации: ранняя пиритовая со сфалеритом (стратифицированная) и поздняя галенит-сфалерит-пиритовая (наложенная эпигенетическая). Галенит и сфалерит поздней ассоциации характеризуются вкрапленным и прожилково-вкрапленным распределением, иногда полосовидным. Нерудные минералы – кварц, анкерит, сидерит, слюды, хлорит, углеродистое вещество.

Изменения рудовмещающих сланцев, как правило, слабые. Отмечаются окварцевание, серицитизация, сидеритизация, локально также флогопитизация. Практически на всех объектах руды подверглись окислению на глубину от первых метров до 150–250 м с образованием резко обеднённых свинцом и цинком бурых железняков.

Геологическая позиция оруденения и минеральный состав руд свидетельствуют об их двухэтапном формировании: стратифицированные литоидные пирититы (с примесью сфалерита) являются гидротермально-осадочными продуктами, поздняя собственно продуктивная ассоциация (пирит, сфалерит, галенит) имеет наложенное гидротермальное происхождение.

Существует также точка зрения о гидротермально-осадочной природе сульфидных тел и более поздней перегруппировке материала с образованием рудных концентраций свинца и цинка.

Полиметаллическое оруденение в силикатных средах. К данному типу вслед за Г. Н. Бровковым и Л. В. Ли (отчёт 1984 г.) мы относим слабоизученные рудопроявления свинцово-цинковой специализации, характерной чертой которых является более многоэлементный состав руд и более многообразные породные связи по сравнению с объектами трёх первых формаций. В различных сочетаниях содержатся Cu, Ba, Au. Проявления данного формационного типа локализованы в сланцах, вулканитах, дайках, среди вулканогенно-сланцевых

и карбонатно-вулканогенно-сланцевых породных ассоциаций, намного реже в известняках. Объекты формации тяготеют к вороговской терригенно-карбонатной, орловской вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатной, тунгусикской терригенно-карбонатно-сланцевой формациям, а также к глушихинской формации умеренно-щелочных лейкогранитов. Высокая степень неоднородности рудно-формационного состава и породных ассоциаций делает эту полиметаллическую формацию наиболее вариабельной из выделенных выше. Слабая степень изученности их геологической позиции и минерального состава не позволяет согласовать их с классификацией рудных формаций, принятой в «Металлогеническом кодексе» [21]. Около двух третей рудопроявлений этого формационного типа локализованы в северной (Вороговской) половине региона.

Полиметаллическая субформация в карбонатно-вулканогенно-терригенных средах является одной из наиболее перспективных. Особый интерес в этой группе вызывают золотосодержащие объекты. В эту субформацию входят Тырадинское, Подлунное, Афанасьевское, Севернинское, Среднекутукасское, Чернореченское, Гремыхинское, Попутнинское, Таптогайское, Сухореченское, Блохиное 2, Каргинское, Широкинское рудопроявления.

Явное большинство объектов располагается в пределах орловской вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатной формации, затем по убыванию количества объектов идёт тунгусикская терригенно-карбонатно-сланцевая формация.

Входящая в субформацию большая группа рудопроявлений при всём разнообразии геологического положения, состава и морфологии рудных тел характеризуется отчётливо выраженным тяготением последних к вулканогенным породам, вулканогенно-сланцевым и карбонатно-вулканогенно-сланцевым породным ассоциациям при резко ограниченных связях с известняками и доломитами.

Большинство объектов находится в южной части Исаковского и северной половине Ангаро-Тисского синклиналиев, где активнее проявлены дифференцированный вулканизм и малоглубинный геосинклинальный магматизм байкальского тектоно-магматического цикла. Одновременно устанавливается отчётливое тяготение многих объектов к тектоно-магматическим зонам диагональ-

ных направлений. Лишь единичные объекты (Тырадинское рудопроявление) локализованы в зоне экзоконтакта гранитоидных интрузий. Оруденение нередко пространственно и парагенетически связано с дайками основного и кислого составов.

Морфологические типы оруденения разнообразны: минерализованные зоны дробления и гидротермально-переработанные участки даек, зоны прожилково-вкрапленных руд в туфах, оруденелые кварцевые жилы и др. Руды главным образом вкрапленные и прожилково-вкрапленные с широкими вариациями содержания сульфидов. Главные минералы руд – пирит, сфалерит, галенит, второстепенные – халькопирит, спорадически золото. Обычные нерудные минералы – кварц, серицит, хлорит, сидерит, анкерит.

Рудовмещающие породы в различной степени подвержены окварцеванию, серицитизации, хлоритизации, карбонатизации, амфиболизации.

Среди рудопроявлений субформации преобладают вулканогенные гидротермальные образования, роль гидротермально-осадочных руд явно второстепенная.

В полиметаллическую порфиоровую субформацию входят проявления Каменское, Заостровное, Буреломное. Промышленная значимость этих проявлений в данный момент не ясна. Тела порфиров располагаются в полях развития пород орловской вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатной формации на участках пересечения разнонаправленных разломов. Отличительная особенность рудопроявлений данной субформации – локализация оруденения в контурах даек и мелких тел кварцевых порфиров, кварцевых альбитофиров и гранит-порфиров, причём оруденение иногда захватывает и непосредственно прилегающие гидротермально изменённые породы экзоконтакта.

Оруденение вкрапленное и прожилково-вкрапленное. В минерализованных порфирах установлены повышенные концентрации Cu, Pb, Zn; спорадически отмечаются As, Mo, Ag и другие металлы. Под воздействием гидротерм порфиры преобразованы в кварц-серицитовые породы; локально фиксируется примесь парагонита, значительное количество турмалина.

Колчеданно-полиметаллическая субформация. Объекты колчеданно-полиметаллической субформации представлены Устьмихеевским, Верхнекутукасским, Левокутукасским, Захребтинским,

Верхнетисским, Тяглинским, Родниковским, Верхнелесным рудопроявлениями.

Рудовмещающими являются тунгусикская терригенно-карбонатно-сланцевая и глушихинская умеренно-щелочная гранитовая формации. Рудные тела локализуются в пачках вулканогенно-терригенных пород, среди которых велика роль лав и туфов кислого и основного составов. Отмечается приуроченность рудопроявлений к северной части Ангаро-Тисского и большей части Исаковского синклиналиев.

Оруденение преимущественно стратиформное, руды слагают линзы и пластообразные залежи протяжённостью от нескольких десятков до нескольких сотен метров при мощности до 8 м. Реже отмечаются явно эпигенетические образования, представляющие собой минерализованные зоны дробления. Руды массивные и линзовидно-слоистые, местами сочетаются с прожилково-вкрапленными. В составе руд господствует пирит (до 70–85 %), далее (в порядке убывания) сфалерит, галенит, халькопирит. Нерудные минералы – кварц, серицит, хлорит и карбонаты (кальцит, анкерит, сидерит).

Оруденение субформации имеет гидротермально-осадочную и гидротермальную природу.

Медно-колчеданная (цинк-медноколчеданная) субформация представлена Глотихинским, Хариузахинским, Солохинским, Николаевским и Кийским проявлениями, которые тяготеют к вулканитам основного и кислого составов.

Рудные тела линзовидные малой мощности (первые метры). Контакты рудных тел с вмещающими породами часто нерезкие из-за присутствия в последних вкрапленного и прожилково-вкрапленного оруденения. Руды преимущественно массивные, иногда густовкрапленные, сложены пиритом (до 30–80 %), халькопиритом (до 10 %), сфалеритом (0,1–6 %). В виде незначительной примеси отмечаются пирротин, галенит, магнетит, золото. Породные минералы – кварц, серицит, хлорит, альбит, биотит, кальцит, сидерит, барит.

На площадях развития медно-колчеданного оруденения в вулканитах основного состава нередко устанавливается вкрапленная и прожилково-вкрапленная существенно медная минерализация. Содержание Cu и Zn в таких породах местами достигает 0,3–1,5 %. В некоторых случаях особенности оруденения по облику и геологиче-

ской позиции близки к медно-порфировому типу (Гремышинский участок). Такие участки изучены слабо, перспективы их остаются неясными. Возможно, часть из них окажется фланговыми участками медно-колчеданного оруденения, тем более что вблизи них нередко отмечается развитие лимонитов по колчеданным рудам (долины рек Кия, Тиса, Вороговка, Столбовая, Грениха).

Барит-полиметаллическая субформация объединяет объекты, характерная черта которых – присутствие барита в качестве одного из главных компонентов руд и непосредственно рудовмещающих пород.

Рудопроявления данной субформации (Мадринское, Ясненское, Большепитское) пространственно разобщены, располагаются среди пород тунгусикской терригенно-карбонатно-сланцевой формации. Непосредственно рудовмещающие породы – известняки, подвергшиеся дроблению дайки диабазов и диабазовых порфиритов, пачки существенно пирокластического состава, кварц-хлоритовые сланцы.

Рудные тела представляют собой минерализованные зоны дробления. Как правило, это гидротермально-метасоматические образования линзовидной и неправильной формы, жилы, размеры которых значительно варьируют и обычно невелики (протяжённость до первых десятков метров, мощность до нескольких метров). Распределение сульфидов вкрапленное, гнездовое. Руды, как правило, бедны пиритом. Главные рудные минералы – галенит и сфалерит, в качестве второстепенных спорадически встречаются халькопирит, буланжерит, джемсонит и др. Ведущие нерудные минералы – барит, доломит, кварц. Среди элементов-примесей отмечены Hg, Cd, As, Ag, Au, Mo и др.

Рудовмещающие породы подвержены баритизации (известняки, туфы), слабой доломитизации и окварцеванию (известняки), а также хлоритизации (диабазы).

Полиметаллические рудные узлы Енисейского кряжа и региональная зональность. В пределах Ангарского рудного района (см. рис. 1) сосредоточена основная масса выявленных ранее Pb-Zn объектов, которые объединены в 11 рудных узлов [12], названных по ключевым объектам: Горевский, Блохинский, Петрищевский, Долгинский, Рассохинский, Верхне-Рудиковский, Меркурихо-Морянихинский, Рудиковский, Пихтово-Дауглин-

ский, Токминский и Тенегинский. На Енисейском кряже в пределах названных рудных узлов отмечается изменение металльного типа оруденения с существенно-свинцового на юге (Горевский рудный узел, $Pb/Zn > 5$) на существенно-цинковое на северо-западе (Рассохинский, Меркурихо-Морянихинский рудные узлы, $Pb/Zn = 1$) и до медно-цинк-свинцового в северной части территории (Тенегинский рудный узел). Эта зональность, выраженная в смене металльных типов оруденения, находит своё отражение в размещении формационных типов полиметаллических объектов. Ряд зональности распределения формационных типов с юго-востока на северо-запад выглядит следующим образом: Горевский → Рассохинский → Морянихинский → в силикатных породах.

Позиция полиметаллического оруденения в региональных тектонических структурах. Енисейский кряж как минерагеническая провинция характеризуется неравномерным распределением полезных ископаемых, что обусловлено неоднородностью и сложностью его тектонического развития (см. рис. 1). Согласно современным тектоническим построениям Енисейский кряж представляет собой крупную коллизионно-аккреционную структуру, отделяющуюся по геологическим и геофизическим данным как от Сибирской платформы, расположенной к востоку от неё, так и от Западно-Сибирской плиты, расположенной к западу [4, 5]. В заангарской части Енисейский кряж сложен палеопротерозойскими и мезопротерозойскими окраинно-континентальными комплексами, выделенными в отдельные блоки (террейны) – Восточно-Ангарский и Центральнo-Ангарский. Западный (Исаковский) тектонический блок (террейн) представлен неопротерозойскими офиолитами и островодужными комплексами. Все тектонические блоки разделены крупными региональными разломами – системами дизъюнктивов преимущественно северо-западного простирания с субвертикальным падением – Ишимбинским, Татарским, Приенисейским и Ангаро-Бахтинским (Анкиновским). Блоковая структура кряжа предопределяет его металлогеническую зональность, которая наиболее отчётливо проявилась в распределении золоторудных и полиметаллических месторождений.

Основная масса золоторудных месторождений локализована в восточной части Централь-

ного блока в пределах Центрального антиклинория, концентрирована вблизи двух региональных разломов – Ишимбинского и Татарского [25]. Последние являются главными рудоконтролирующими структурами и вместе с оперяющими их разрывными нарушениями более высоких порядков определяют пространственную картину распределения всех золоторудных месторождений в Енисейской золотоносной провинции [26]. В отличие от золоторудных подавляющая часть объектов с полиметаллическим оруденением развита в западной части того же Центрального блока, в пределах так называемого Большепитского синклинория (Большепитский мегасинклиний [12]). Зонами поперечных северо-восточных дислокаций он разделён на три подзоны, отвечающие рудным районам (Ангарский, Каменский и Вороговский). При этом основная масса полиметаллических проявлений и единственное на сегодня известное месторождение (Горевское) отчётливо тяготеют к южной (наиболее опущенной) части синклинория, образуя в совокупности Ангарский рудный район. С севера и юга он ограничен зонами поперечных дислокаций, Большепитско-Каюбинской и Ангаро-Вилюйской соответственно.

Вместе с тем из рис. 1 видно, что достаточно большое количество пунктов полиметаллической минерализации отмечается в Центрально-Ангарском и Восточно-Ангарском блоках. Признаки высококонцентрированного полиметаллического оруденения отмечаются и восточнее Ишимбинского глубинного разлома [20]. В бассейне р. Иочимо в пределах Лево-Иочиминской рудоносной зоны нами выявлено как золотое, так и полиметаллическое оруденение, сближенные в пространстве. По результатам геохимических поисков по вторичным ореолам здесь установлены протяжённые в северо-западном направлении линейные аномалии свинца и цинка (концентрации до 2000 и до 1000 г/т соответственно). Были выделены три перспективных на полиметаллическое оруденение участка: Золотой, Цинковый и участок руч. Первый. Наиболее крупная и контрастная аномальная зона участка руч. Первый локализована между ручьями Первый и Доро в их среднем течении, имеет протяжённость 800 м при ширине 100 м. Рудная, преимущественно галенитовая минерализация связана с крутопадающей зоной дробления и окварцевания в тонкоплитчатых серых сланцах удерейской свиты. Ширина зоны оквар-

цевания и брекчирования изменяется от первых метров до первых десятков метров. Единичной заверочной канавой на участке вскрыта интенсивная галенитовая минерализация. Гнездовое и прожилково-вкрапленное свинцовое оруденение проявлено в локальной зоне мощностью около 2 м. Рудная минерализация наложена на деформированный сланцевый субстрат и представлена цементом между обломками кварца сланцев, а также карбонатными агрегатами. Содержание свинца в руде варьирует в диапазоне 20,8–33,8 %. Прогнозные ресурсы по категории P_2 оценены в 115 тыс. т. по свинцу и 5 тыс. т. по цинку при среднем содержании 22,6 и 1,1 % соответственно.

Положение оруденения в стратиграфическом разрезе. Большинство исследователей, изучавших полиметаллические объекты Енисейского кряжа, литолого-стратиграфический фактор в размещении свинцово-цинкового оруденения считают определяющим. Установлена связь Pb-Zn минерализации с определёнными рядами стратифицированных геологических формаций, с конкретными рудоносными геологическими формациями, а внутри последних – с определёнными фациями горных пород. Основные выводы по стратиграфическому положению полиметаллических объектов базируются на сведениях по Ангарскому рудному району, наиболее продуктивному на свинцово-цинковое оруденение. Ряд авторов считает вероятным наличие единого регионального стратиграфического уровня оруденения (Дистанов Э. Г., 1980 г.; Пономарёв В. Г., 1988 г.). Конкин В. Д. с соавторами в 2019 г., анализируя в сравнительном плане стратиграфический контроль золотого и полиметаллического оруденения в Енисейской и Ленской минерагенических провинциях, пришли к выводу, что подавляющая часть полиметаллических объектов Енисейского кряжа приурочена к разрезам тунгусикской серии верхнего рифея, а основная масса золоторудных месторождений локализуется в разрезе сухопитской серии (RF₁–RF₂). В соседней Ленской минерагенической провинции, являющейся, как и Енисейский кряж, складчатым обрамлением Сибирской платформы, полиметаллическое оруденение локализуется в отложениях как среднего, так и верхнего рифея, что, по их мнению, является одним из важных отличий сравниваемых провинций.

Для выявления закономерностей в локализации свинцово-цинковых объектов с геологичес-

кими формациями Енисейского кряжа нами была составлена структурно-формационная карта Заангарской части Енисейского кряжа масштаба 1:500 000 (см. рис. 1) и выполнен анализ распределения месторождений, проявлений и пунктов минерализации в геологических формациях (рис. 2). Всего были выделены 17 геологических формаций: островная терригенно-карбонатная (V_2-E_1os), горевско-сухохребтинская вулканогенно-карбонатно-терригенная (RF_3sr), ослянская песчано-сланцево-карбонатная (RF_3os), чингасанская вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатная (RF_3cng), вороговская терригенно-карбонатная (RF_3vv), орловская вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатная (RF_3or), тунгусикская терригенно-карбонатно-сланцевая (RF_3tg), торжинская песчано-вулканогенно-карбонатно-сланцевая ($RF_{1-2}tr$), киселихинская вулканогенная (RF_2ks+ot), карточки-аладынская карбонатно-сланцевая (RF_2kr+al), погорюйская песчано-сланцевая (RF_2pg), удерейская сланцевая (RF_2ud), кординская терригенно-сланцевая (RF_1kd), панимбинская вулканогенно-сланцевая (RF_1pn), хребта Карпинского метатерригенная (PR_1ts), пенченгинская метатерригенно-карбонатная (PR_1pn) и енисейско-гаревский метаморфический комплекс ($AR_2?en+g$). Из представленных материалов видно, что основная масса полиметаллических объектов приурочена к геологическим формациям верхнего рифея. Три

формации – горевско-сухохребтинская вулканогенно-карбонатно-терригенная (RF_3sr), орловская вулканогенно-терригенно-сланцево-карбонатная (RF_3or) и тунгусикская терригенно-карбонатно-сланцевая (RF_3tg) – контролируют большую часть объектов, включая промышленные месторождения.

Из графика (см. рис. 2) видно, что породы сухопитской серии также вмещают достаточно большое количество полиметаллических объектов неясной формационной принадлежности. Как было отмечено выше, в удерейской сланцевой формацией в Восточно-Ангарском блоке выявлено одно проявление богатых полиметаллических руд. Исходя из размещения полиметаллических месторождений в стратиграфическом разрезе Енисейского кряжа, можно сделать вывод о довольно большом временном интервале формирования свинцово-цинкового оруденения. И в этом Енисейская провинция не отличается от соседней Ленской, где полиметаллические объекты также представлены по всему разрезу рифея.

Особенности распределения полиметаллического оруденения в геофизических и геохимических полях. Для анализа положения полиметаллического оруденения в региональных геофизических и геохимических полях приведём результаты переинтерпретации исходных данных региональной геохимической съёмки Енисейского кряжа масштаба 1 : 500 000, выполненной по донным отложениям коллективом А. А. Ладынина в 1985–2000 гг. (14 000 проб на 30 элементов), а также данные частотно-азимутального анализа гравитационного поля (рис. 3), выполненного по методике, изложенной в работе [19].

Выполненный анализ азимутальной анизотропии гравитационного поля Енисейского кряжа в широком диапазоне пространственных частот позволил выявить два ортогональных направления максимальной изменчивости низкочастотных (региональных) составляющих поля – $50-60^\circ$ и $140-150^\circ$ (см. рис. 3, а). При этом в низкочастотной части спектра проявились не только основные структуры Енисейского кряжа северо-западного направления, но и впервые выявлены поперечные региональные структуры субширотного и северо-восточного простирания (см. рис. 3, б). Положительные гравитационные аномалии низкочастотной части спектра ($36-50 \text{ км}^{-1}$) проинтерпретированы как складчатые синформы – прогибы и

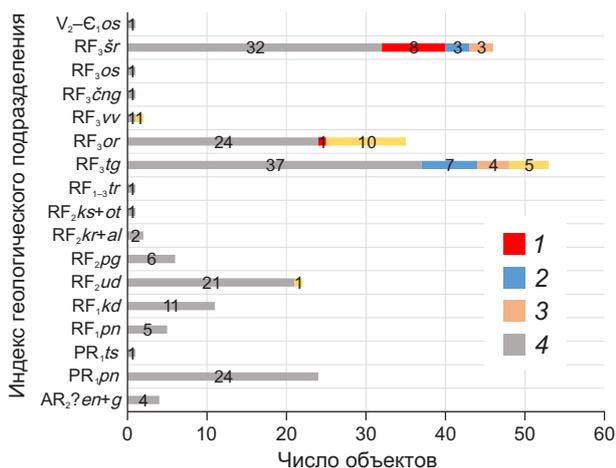


Рис. 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА ПО ТИПАМ:

1 – Горевский, 2 – Морянихинский, 3 – Рассохинский, 4 – неясный

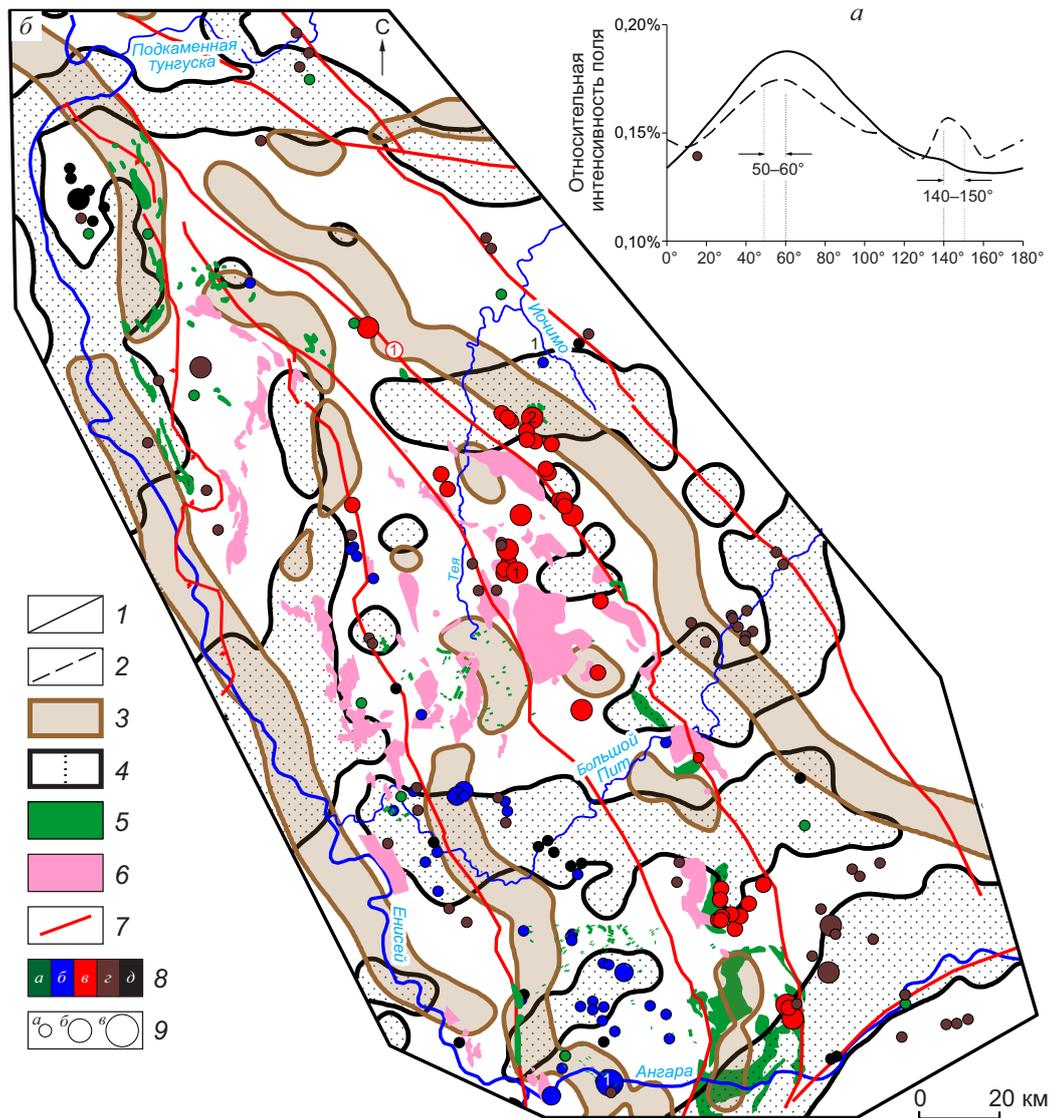


Рис. 3. АЗИМУТАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА (а) В ДИАПАЗОНЕ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И КАРТА НИЗКОЧАСТОТНЫХ (36–50 км⁻¹) ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ (> +0,3 мГал) (б) В ДИАПАЗОНЕ АЗИМУТОВ АНАЛИЗА:

пространственные частоты: 1 – высокие (2–20 км⁻¹), 2 – низкие (36–50 км⁻¹); диапазон азимутов анализа: 3 – 50–60°, 4 – 140–150°; 5 – вулканиты основного состава; 6 – коллизионные граниты; 7 – разломы (1 – Ишимбинский); 8 – геохимическая специализация (а – медь, б – свинец, цинк, в – золото, г – железо, д – марганец); 9 – рудные объекты: а – рудопроявления (1 – цинково-свинцовое руч. Первого), б – месторождения мелкие, в – крупные (1 – Олимпиадинское, 2 – Советское, 3 – Благодатное золоторудные, 1 – Горевское полиметаллическое)

синклинии, контролирующие положение вулканитов основного состава и рудных объектов Pb, Zn, Cu, Fe (см. рис. 3, б).

Поперечные гравитационные структуры, особенно в местах их пересечения со структурами северо-западного простирания (см. рис. 3, б),

контролируются точечными аномалиями Pb, Zn, Fe и др. элементов в донных отложениях, обрамляя ареал гранитизации Енисейского кряжа (рис. 4). Наиболее контрастный ореол суммарной пространственной плотности точечных аномалий свинца (> 40 г/т), цинка (> 200 г/т) и бария (> 700 г/т)

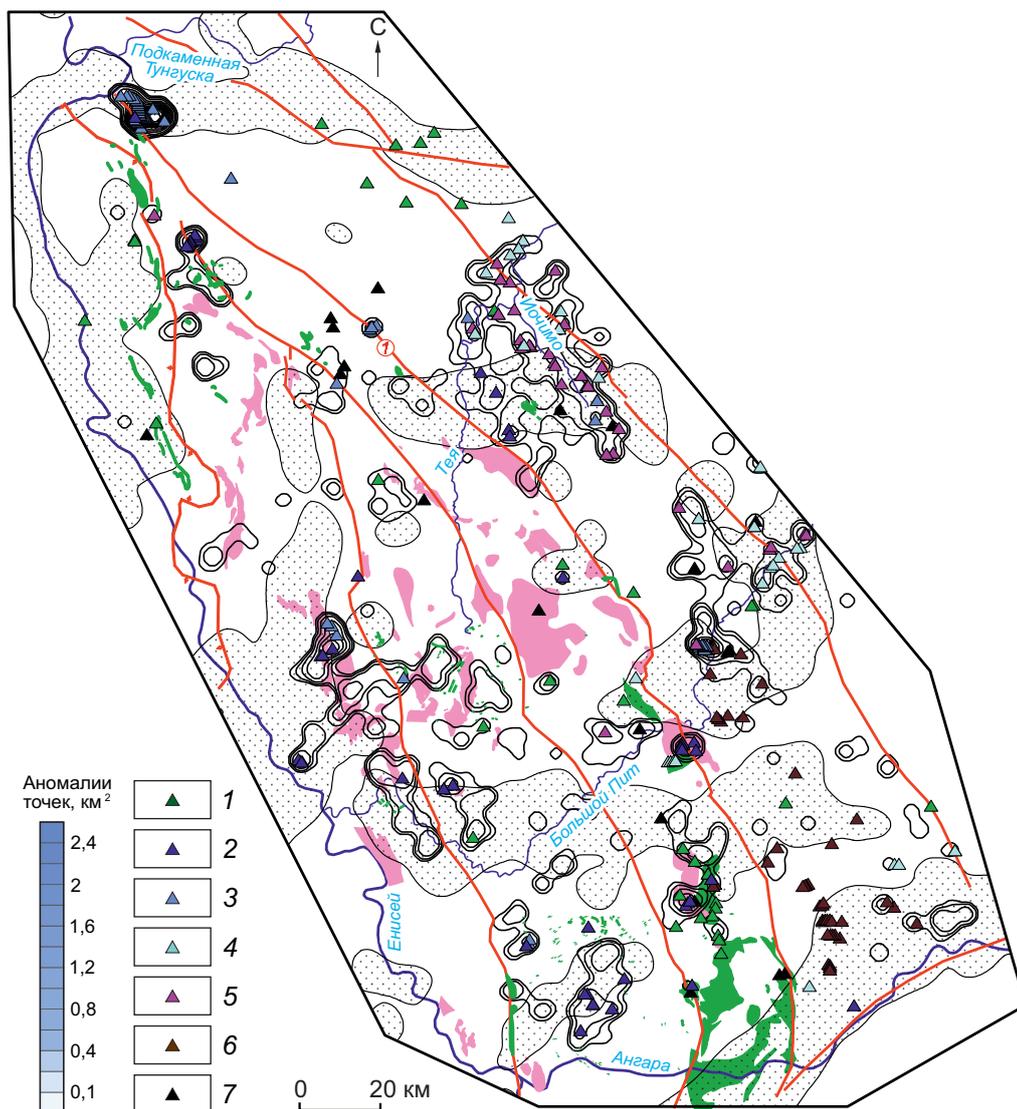


Рис. 4. ПЛОТНОСТЬ ТОЧЕЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ, г/т:

1 – Cu > 70; 2 – Pb > 60; 3 – Zn > 350; 4 – Sr > 500; 5 – Ba > 1500; 6 – Fe > 9 %; 7 – Mn > 0,5 %; остальные усл. обозн. см. рис. 3

находится восточнее Ишимбинского глубинного разлома, формируя вторую, Восточную, рудоперспективную полосу геохимических аномалий этих элементов, субпараллельную известному Приенсейскому полиметаллическому поясу. Поперечная зональность восточной полосы комплексных геохимических полиметаллических аномалий проявлена трендом свинец → цинк → барий в направлении от Ишимбинского разлома к Сибирской платформе. Данные аномалии локализуются в амагматичном структурно-тектоническом бло-

ке Енисейского кряжа. Этот факт, а также структурный контроль Восточной полиметаллической полосы краевым прогибом, переходящим в юго-восточном направлении в Ангаро-Питский железорудный бассейн, позволяет предположить, что седиментогенный и телетермальный факторы – ведущие при формировании полиметаллического оруденения вдоль восточной границы Енисейского кряжа, где в бассейне р. Иочимо выявлено пока единственное проявление богатых цинково-свинцовых руд (рудопроявление руч. Первого).

Основные выводы. Анализ и обобщение материалов по металлогении свинца и цинка Енисейского кряжа позволяет выделить следующие особенности.

Наиболее продуктивными в отношении полиметаллического оруденения являются Исаковский и Центрально-Ангарский тектонические блоки.

Полиметаллическое оруденение представлено широким спектром рудно-формационных типов. Промышленный интерес на сегодня представляют объекты Горевского и Рассохинского типов. В размещении объектов различных формационных и металльных типов отмечается продольная зональность, проявленная в смене с юго-востока на северо-запад формационных типов в следующей последовательности: Горевский → Рассохинский → Морянихинский → в силикатных породах. Металльная зональность выражена в смене отношения полезных компонентов от преимущественно свинцовых объектов с $Pb : Zn > 5$ (Горевский рудный узел) до существенно цинковых с отношением $Pb : Zn = 1$ (Рассохинский и Меркурихо-Морянихинский рудные узлы) и медно-цинковых в северной части Енисейского кряжа (Тенегинский, Токминский рудные узлы).

Исходя из распределения полиметаллических объектов в стратиграфическом разрезе Енисейского кряжа можно заключить, что они с той или иной

частотой проявляются в различных подразделениях рифея. Основная часть полиметаллических объектов сосредоточена в Горевско-Сухохребетинской, Орловской и Тунгусикской формациях, которые представлены вулканогенными, терригенными и карбонатными отложениями, а также сланцами.

Анализ гравитационного поля показывает наличие поперечных тектонических структур, которые очевидно обуславливают зональность в распределении различных геологических и рудных формаций. Установлено, что положительные гравитационные аномалии низкочастотной части спектра, интерпретированные как прогибы и синклинии, контролируют положение вулканитов основного состава, в том числе и полиметаллических рудных объектов.

Результатами интерпретации первичной базы данных региональной геохимической съёмки Енисейского кряжа показано, что комплексные аномалии свинца и цинка, а также совмещённые с ними аномалии бария и марганца в пределах амагматичного восточного склона по интенсивности близки Приенисейской полиметаллической металлогенической зоне. Присутствие здесь объектов с высококонцентрированным свинцово-цинковым оруденением не исключает возможности развития промышленного телетермального стратиформного полиметаллического оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аладышкин А. С. Характерные эндогенные рудные формации юго-западного обрамления Сибирской платформы // Вопросы петрологии и металлогении западного обрамления Сибирской платформы. – Красноярск, 1969. – С. 3–18.
2. Бровков Г. Н. Признаки конвергентности на стратиформных свинцово-цинковых месторождениях в сланцево-карбонатных толщах // Труды института геологии и геофизики. Генетические модели стратиформных месторождений свинца и цинка. – Новосибирск : Наука, 1991. – С. 49–56.
3. Бровков Г. Н., Мирошников А. Е., Охалкин Н. А. Генетические модели формаций полиметаллических месторождений Енисейского Кряжа // Генетические модели эндогенных рудных формаций. Т. 2. – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 121–126.
4. Верниковский В. А., Казанский А. Ю., Матушкин Н. Ю., Метелкин Д. В., Советов Ю. К. Геодинамическая эволюция складчатого обрамления и западная граница Сибирского кратона в неопротерозое: геологоструктурные, седиментологические, геохронологические и палеомагнитные данные // Геология и геофизика. – 2009. – № 50(4). – С. 380–393.
5. Верниковский В. А., Метелкин Д. В., Верниковская А. Е., Матушкин Н. Ю., Казанский А. Ю., Кадильников П. И., Романова И. В., Вингейт М. Т. Д., Ларионов А. Н., Родионов Н. В. Неопротерозойская тектоническая структура Енисейского кряжа и формирование западной окраины Сибирского кратона на основе новых геологических, палеомагнитных и геохронологических данных // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 1. – С. 63–90.
6. Выдрин В. И., Груздев В. С. Эндогенные ореолы рассеяния цинково-свинцового месторождения в Енисейском Кряже // Геология рудных месторождений. – М. : Наука. – 1965. – С. 45–57.
7. Дистанов Э. Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. – Новосибирск : Наука, 1977. – 361 с.

8. *Забиров Ю. А., Пономарёв В. Г.* Поисковые признаки и оценочные критерии свинцово-цинкового оруденения Енисейского кряжа. – Новосибирск : ИГиГ СО АН СССР, 1988. – 141 с.
9. *Забияка А. И.* Тектоника и металлогения нижнего Приангарья. – Красноярск : КНИИГиМС, 2003. – 322 с.
10. *Зверев В. В.* Золотоносные рудно-магматические системы в геохимическом поле Енисейского кряжа // Прикладная геохимия: сборник статей. – М. : ИМГРЭ, 2008. – Вып. 8, т. 2. – С. 135–143.
11. *Зверев В. В.* Некоторые особенности регионального геохимического поля Заангарской части Енисейского кряжа // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 6. – С. 40–45.
12. *Зуев В. К., Качевский Л. К., Качевская Г. И., Комаров В. В., Минаева О. А., Маркович Л. А., Шаталина Т. Н., Потапенко Л. Я.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист О-46 – Красноярск. Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 500 с.
13. *Корнев Т. Я.* Структурный контроль железного, марганцевого и полиметаллического оруденения Енисейского кряжа // Доклады Академии наук, 1985. – С. 1187–1191.
14. *Кузнецов В. В., Инякин А. В., Серавина Т. В.* Перспективы выявления месторождений свинца и цинка в пределах Салаирской и Ангаро-Большепитской минерагенических зон // Сборник докладов XI Международного конгресса «Цветные металлы и минералы». – Красноярск, 2019. – С. 677–686.
15. *Лавыгина В. Н., Косоруков А. П., Киселёва В. Н.* Справочник полезных ископаемых Енисейского района Красноярского края. – Красноярск : ООО «ГеоЭкономика», 2002. – 259 с.
16. *Левченко С. В., Ильинская Х. Г.* Металлогения эндогенных месторождений рифея западного и юго-западного обрамления Сибирской платформы // Известия Академии наук СССР, Серия геологическая. – 1984. – С. 109–116.
17. *Лобанов К. В., Некос В. В.* Месторождения типа SEDEX – важнейший источник Zn, Pb и Ag в мире. Краткий мировой обзор. Перспективы России и Красноярского края // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2017. – Т. 10, № 7. – С. 881–907.
18. *Макаров В. А., Макеев С. М., Межубовский В. В., Фисенко В. Г., Самородская М. А.* Опыт применения технологии компьютерного прогнозирования золоторудных объектов в Заангарской части Енисейского кряжа // Руды и металлы. – 2012. – № 3. – С. 50–57.
19. *Макеев С. М.* Решение двух задач геодинамики гравитруктурным методом // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2016. – № 4. – С. 63–74.
20. *Макеев С. М., Макаров В. А., Межубовский В. В.* Полиметаллическое и золотое оруденение в региональном геохимическом поле Енисейского кряжа // Сборник докладов XI Международного конгресса «Цветные металлы и минералы». – Красноярск, 2019. – С. 743–752.
21. *Металлогенический кодекс России.* – М. : Геокарт-ГЕОС, 2012. – 126 с.
22. *Минеральные ресурсы Красноярского края в двух книгах. Кн. 2. Кадастр месторождений полезных ископаемых.* – Красноярск : КНИИГиМС. – 2002. – С. 206–213.
23. *Озерский Ю. А., Богомазова О. М., Косоруков А. П.* Справочник полезных ископаемых Мотыгинского района Красноярского края. – Красноярск : ООО «ГеоЭкономика», 2002. – 356 с.
24. *Пономарёв В. Г., Акимцев В. А., Забиров Ю. А., Саравев С. В.* Методологические принципы моделирования стратиформных свинцово-цинковых проявлений в терригенно-карбонатных толщах // Генетические модели стратиформных месторождений свинца и цинка. – Новосибирск : Наука, 1991. – С. 13–41.
25. *Сердюк С. С.* Золотоносные провинции Центральной Сибири: геология, минерагения и перспективы освоения. – Красноярск : КНИИГиМС, 2004. – 480 с.
26. *Сердюк С. С., Коморовский Ю. Е., Зверев А. И., Бабушкин В. Е., Власов В. С., Землянский С. А., Кириленко В. А., Ояберь В. К.* Модели месторождений золота Енисейской Сибири. – Красноярск : ФГОУ ВПО СФУ ИГДГиГ, 2010. – 584 с.
27. *Скрипников В. Е., Влащенко О. Ю., Косоруков А. П.* Справочник полезных ископаемых Северо-Енисейского района Красноярского края. – Красноярск : ООО «ГеоЭкономика», 2002. – 240 с.
28. *Стримжа Т. П.* Метасоматоз-кислород-аргиллизиты (на примере Горевского свинцово-цинкового месторождения, Енисейский кряж). – Красноярск : СФУ, 2017. – 160 с.
29. *Шерман М. Л.* О парагенетической связи руд Горевского полиметаллического месторождения с комплексом малых интрузий основного состава и их возрасте // Рудоносность и геология Средней Сибири. – Красноярск, 1971. – С. 79–80.
30. *Emsbo P.* Gold in Sedex Deposits // SEG Reviews. – 2000. – V. 13. – P. 427–437.
31. *Goodfellow W. D., Lydon J. W.* Sedimentary exhalative (SEDEX) deposits // Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. – [S. l.], 2007. – P. 163–183.

REFERENCES

1. Aladyshkin A. S. Kharakternye endogennye rudnye formatsii yugo-zapadnogo obramleniya Sibirskoi platformy [Typical endogenous ore formations of the southwestern framing of the Siberian platform], *Voprosy petrologii i metallogenii zapadnogo obramleniya Sibirskoi platformy* [Problems of petrology and metallogeny of the western framing of the Siberian platform], Krasnoyarsk, 1969, pp. 3–18. (In Russ.).
2. Brovko G. N. Priznaki konvergentnosti na stratiformnykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdeniyakh v slantsevo-karbonatnykh tolshchakh [Signs of convergence in stratiform lead-zinc deposits in shale-carbonate strata], *Trudy instituta geologii i geofiziki. Geneticheskie modeli stratiformnykh mestorozhdenii svintsa i tsinka* [Proceedings of the Institute of Geology and Geophysics. Genetic models of stratiform lead and zinc deposits], Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, pp. 49–56. (In Russ.).
3. Brovko G. N., Miroshnikov A. E., Okhapkin N. A. Geneticheskie modeli formatsii polimetallicheskikh mestorozhdenii Eniseiskogo Kryazha [Genetic models of the formations of polymetallic deposits of the Yenisei Ridge], *Geneticheskie modeli endogennykh rudnykh formatsii. T. 2* [Genetic models of endogenous ore formations. V. 2], Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, pp. 121–126.
4. Vernikovskii V. A., Kazanskii A. Yu., Matushkin N. Yu., Metelkin D. V., Sovetov Yu. K. Geodinamicheskaya evolyutsiya skladchatogo obramleniya i zapadnaya granitsa Sibirskogo kratona v neoproterozoe: geologostrukturnye, sedimentologicheskie, geokhronologicheskie i paleomagnetnyye dannye [Geodynamic evolution of the folded framing and the western boundary of the Siberian craton in the Neoproterozoic: geological structural, sedimentological, geochronological and paleomagnetic data], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2009, No 50(4), pp. 380–393. (In Russ.).
5. Vernikovskii V. A., Metelkin D. V., Vernikovskaya A. E., Matushkin N. Yu., Kazanskii A. Yu., Kadil'nikov P. I., Romanova I. V., Vingeit M. T. D., Larionov A. N., Rodionov N. V. Neoproterozoiskaya tektonicheskaya struktura Eniseiskogo kryazha i formirovanie zapadnoi okrainy Sibirskogo kratona na osnove novykh geologicheskikh, paleomagnetnykh i geokhronologicheskikh dannykh [Neoproterozoic tectonic structure of the Yenisei ridge and the formation of the western margin of the Siberian craton based on new geological, paleomagnetic and geochronological data], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2016, V. 57, No 1, pp. 63–90. (In Russ.).
6. Vydrin V. I., Gruzdev V. S. Endogennye oreoly rassenyaniya tsinkovo-svintsovogo mestorozhdeniya v Eniseiskom Kryazhe [Endogenous dispersion halos of a zinc-lead deposit in the Yenisei Ridge], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], Moscow, Nauka Publ., 1965, pp. 45–57. (In Russ.).
7. Distanov E. G. Kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdeniya Sibiri [Pyrite-polymetallic deposits of Siberia], Novosibirsk, Nauka Publ., 1977, 361 p.
8. Zabiroy Yu. A., Ponomarev V. G. Poiskovyye priznaki i otsenochnye kriterii svintsovo-tsinkovogo orudneniya Eniseiskogo kryazha [Search signs and evaluation criteria for lead-zinc mineralization of the Yenisei Ridge], Novosibirsk, IGIG SO AN SSSR Publ., 1988, 141 p.
9. Zabayaka A. I. Tektonika i metallogeniya nizhnego Priangar'ya [Tectonics and metallogeny of the lower Angara region], Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2003, 322 p.
10. Zverev V. V. Zolotonosnye rudno-magmatische sistemy v geokhimicheskom pole Eniseiskogo kryazha [Gold-bearing ore-magmatic systems in the geochemical field of the Yenisei ridge], *Prikladnaya geokhimiya: sbornik statei* [Applied geochemistry: collection of articles], Moscow, IMGRE Publ., 2008, V. 8, No 2, pp. 135–143. (In Russ.).
11. Zverev V. V. Nekotorye osobennosti regional'nogo geokhimicheskogo polya Zaangarskoi chasti Eniseiskogo kryazha [Some features of the regional geochemical field of the Transangar part of the Yenisei Ridge], *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and protection of mineral resources], 2004, No 6, pp. 40–45. (In Russ.).
12. Zuev V. K., Kachevskii L. K., Kachevskaya G. I., Komarov V. V., Minaeva O. A., Markovich L. A., Shatalina T. N., Potapenko L. Ya. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'ye pokolenie). Seriya Angaro-Eniseiskaya. List O-46 – Krasnoyarsk. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Angara-Yenisei series. Sheet O-46 – Krasnoyarsk. Explanatory letter], St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI Publ., 2009, 500 p.
13. Kornev T. Ya. Strukturnyi kontrol' zheleznogo, margantshevogo i polimetallicheskogo orudneniya Eniseiskogo kryazha [Structural control of iron, manganese and polymetallic mineralization of the Yenisei Ridge], *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 1985, pp. 1187–1191. (In Russ.).
14. Kuznetsov V. V., Inyakin A. V., Seravina T. V. Perspektivy vyyavleniya mestorozhdenii svintsa i tsinka v prede-

- lakh Salairskoi i Angaro-Bol'shepitskoi mineragenicheskikh zon [Prospects for identifying deposits of lead and zinc within the Salair and Angara-Bolshepe mineragenic zones], *Sbornik dokladov XI Mezhdunarodnogo kongressa "Tsvetnye metally i mineraly" [Collection of reports of the XI International Congress "Non-ferrous metals and minerals"]*, Krasnoyarsk, 2019, pp. 677–686. (In Russ.).
15. Lavygina V. N., Kosorukov A. P., Kiseleva V. N. Spravochnik poleznykh iskopaemykh Eniseiskogo raiona Krasnoyarskogo kraya [Directory of Mineral Resources of the Yenisei District of the Krasnoyarsk Territory], Krasnoyarsk, OOO "GeoEkonomika" Publ., 2002, 259 p.
 16. Levchenko S. V., Il'inskaya Kh. G. Metallogeniya endogennykh mestorozhdenii rifeya zapadnogo i yugo-zapadnogo obramleniya Sibirskoi platformy [Metallogeny of endogenous Riphean deposits in the western and southwestern framing of the Siberian platform], *Izvestiya Akademii nauk SSSR, Seriya geologicheskaya [Bulletin of the USSR Academy of Sciences, Geological series]*, 1984, pp. 109–116. (In Russ.).
 17. Lobanov K. V., Nekos V. V. Mestorozhdeniya tipa SEDEX – vazhneishii istochnik Zn, Pb i Ag v mire. Kratkii mirovoi obzor. Perspektivy Rossii i Krasnoyarskogo kraya [Deposits of the SEDEX type are the most important source of Zn, Pb and Ag in the world. Brief world overview. Prospects for Russia and the Krasnoyarsk Territory], *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii [Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies]*, 2017, V. 10, No 7, pp. 881–907. (In Russ.).
 18. Makarov V. A., Makeev S. M., Mezhubovskii V. V., Fisenko V. G., Samorodskaya M. A. Opyt primeneniya tekhnologii komp'yuternogo prognozirovaniya zolotrudnykh ob'ektov v Zaangarskoi chasti Eniseiskogo kryazha [Experience of using the technology of computer forecasting of gold ore objects in the Zaangar part of the Yenisei Ridge], *Rudy i metally [Ores and Metals]*, 2012, No 3, pp. 50–57. (In Russ.).
 19. Makeev S. M. Reshenie dvukh zadach geodinamiki gravitstrukturnym metodom [Solution of two problems of geodynamics by gravity-structured method], *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri [Geology and mineral resources of Siberia]*, 2016, No 4, pp. 63–74. (In Russ.).
 20. Makeev S. M., Makarov V. A., Mezhubovskii V. V. Polimetallicheskoe i zolotoe orudnenie v regional'nom geokhimicheskom pole Eniseiskogo kryazha [Polymetallic and gold mineralization in the regional geochemical field of the Yenisei Ridge], *Sbornik dokladov XI Mezhdunarodnogo kongressa "Tsvetnye metally i mineraly" [Collection of reports of the XI International Congress "Non-ferrous metals and minerals"]*, Krasnoyarsk, 2019, pp. 743–752. (In Russ.).
 21. Metallogenicheskiy kodeks Rossii [Metallogenic Code of Russia], Moscow, Geokart-GEOS Publ., 2012, 126 p.
 22. Mineral'nye resursy Krasnoyarskogo kraya v dvukh knigakh. Kn. 2. Kadastr mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh [Mineral resources of the Krasnoyarsk Territory in two books. Book 2. Cadastre of mineral deposits], Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2002, pp. 206–213.
 23. Ozerskii Yu. A., Bogomazova O. M., Kosorukov A. P. Spravochnik poleznykh iskopaemykh Motygin'skogo raiona Krasnoyarskogo kraya [Handbook of Mineral Resources of the Motygin'sky District of the Krasnoyarsk Territory], Krasnoyarsk, OOO "GeoEkonomika" Publ., 2002, 356 p.
 24. Ponomarev V. G., Akimtsev V. A., Zabiroy Yu. A., Sarayev S. V. Metodologicheskie printsipy modelirovaniya stratiformnykh svintsovo-tsinkovykh proyavlenii v terrigenno-karbonatnykh tolshchakh [Methodological principles of modeling stratiform lead-zinc occurrences in terrigenous-carbonate strata], *Geneticheskie modeli stratiformnykh mestorozhdenii svintsy i tsinka [Genetic models of lead and zinc stratiform deposits]*, Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, pp. 13–41. (In Russ.).
 25. Serdyuk S. S. Zolotonosnye provintsii Tsentral'noi Sibiri: geologiya, mineragiya i perspektivy osvoeniya [Gold-bearing provinces of Central Siberia: geology, minerageny and development prospects], Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2004, 480 p.
 26. Serdyuk S. S., Komorovskii Yu. E., Zverev A. I., Babushkin V. E., Vlasov V. S., Zemlyanskii S. A., Kirilenko V. A., Oyaber' V. K. Modeli mestorozhdenii zolota Eniseiskoi Sibiri [Models of gold deposits in Yenisei Siberia], Krasnoyarsk, FGOU VPO SFU IGDGiG Publ., 2010, 584 p.
 27. Skripnikov V. E., Vlashchenko O. Yu., Kosorukov A. P. Spravochnik poleznykh iskopaemykh Severo-Eniseiskogo raiona Krasnoyarskogo kraya [Directory of Mineral Resources of the Severo-Yenisei District of the Krasnoyarsk Territory], Krasnoyarsk, OOO "GeoEkonomika" Publ., 2002, 240 p.
 28. Strimzha T. P. Metasomatoz-kislorod-argillizity (na primere Gorevskogo svintsovo-tsinkovogo mestorozhdeniya, Eniseiskii kryazh) [Metasomatism-oxygen-argillites (on the example of the Gorevskoe lead-zinc deposit, Yenisei Ridge)], Krasnoyarsk, SFU Publ., 2017, 160 p.
 29. Sherman M. L. O parageneticheskoi svyazi rud Gorevskogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya s kom-

pleksom malykh intruzii osnovnogo sostava i ikh vozraste [On the paragenetic relationship of the ores of the Gorevskoye polymetallic deposit with a complex of small intrusions of basic composition and their age], *Rudonosnost' i geologiya Srednei Sibiri* [Ore content and geology of Central Siberia], Krasnoyarsk, 1971, pp. 79–80. (In Russ.).

30. Emsbo P. Gold in Sedex Deposits, *SEG Reviews*, 2000, V. 13, pp. 427–437.

31. Goodfellow W. D., Lydon J. W. Sedimentary exhalative (SEDEX) deposits, *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*, [S. l.], 2007, pp. 163–183.

FEATURES OF LEAD AND ZINC METALLOGENY WITHIN THE YENISEI RIDGE

S. M. Makeev (PhD, HAC Associate professor, Associate professor of deposit geology and prospecting methods department)

E. A. Muromtsev (postgraduate)

V. A. Makarov (PhD, Professor, Director, Head of deposit geology and prospecting methods department)

G. V. Belokonov (postgraduate)

Institute of Mining, Geology and Geotechnologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Information collected on deposits, ore occurrences, and lead and zinc mineralization points known within the Yenisei Ridge is provided. A summary of the latest data on the geology and metallogeny of lead and zinc in the region is presented. A brief description of the deposits is given and their ore formation typification is carried out. The position of deposits in a stratigraphic section, the relationship with geological formations and tectonic structures, and subsequent conclusions about deposit location patterns and metallogenic zonation of the area were examined. The position analysis of polymetallic mineralization in regional geophysical and geochemical field revealed the presence of lead → zinc → barium trend from the Ishimbinsk fault towards the Siberian platform and the potential discovery of economically significant polymetallic mineralization in the eastern Yenisei Ridge.

Keywords: Yenisei Ridge, Angarsk ore region, polymetallic deposits, tectonic structures in the gravitational field, distribution patterns, metallogenic zoning, lead, zinc.



Фрагменты рукописи Сергея Дмитриевича Шера «В военные годы»

Первые дни

Первый день войны описан в огромном количестве книг, многократно показан на кино- и телеэкранах. При всём разнообразии этого первого дня для каждого, в нём и много общего – единый для всех переход от устоявшейся, спокойной и бездумной жизни к новой жизни – грозной и неизвестной. То же было и у меня.

19 июня 1941 года я защитил диплом, и воскресенье 22 июня у меня был первый свободный день после почти полугода совмещения работы в НИГРИЗолото и писания диплома. Мы с Володей Дреземейером, моим институтским товарищем, поехали в Ямщину, и с утра, ещё ничего не зная о фактически уже начавшейся войне, пошли на берег Вяземки. День был жаркий, полянка, которую и сейчас хорошо представляю себе, очень красивой, и мы лежали на траве и о чём-то, не помню уже теперь о чём, болтали.

Вернулись мы в посёлок к середине дня, и, по-моему, первой, кто сообщила нам о войне, была тётя Оля Галанина. Запомнилось, как мы слушали висевший на улице круглый чёрный репродуктор, по которому транслировалось выступление Молотова.

Пожалуй, главное чувство, которое осталось в памяти в этот первый день войны, было чувство неизвестности перед наступившим. «Что теперь будет со всеми нами дальше?» – эта мысль для меня была главной.

В пригородном поезде, вёзшим нас в Москву, хотя особых разговоров и не велось, чувствовалась общая напряжённость. Очень отчётливо запомнилось, как в окне показался какой-то маленький самолёт, и всё «население» вагона тотчас же бросилось к окнам и провожало его глазами. Самолёт, на который ещё вчера никто не обратил бы внимания, теперь возбуждал самые различные чувства. «Неужели уже немецкий? Что он будет делать? Если наш, то зачем и куда летит? Почему один?»

Первые три недели войны я продолжал жить в Москве, и о них уже не осталось таких ярких вос-



поминаний, как от первого дня. Выступают только отдельные моменты, которые не очень чётко удаётся расставить в хронологическую последовательность.

В НИГРИЗолото около нашего здания на Ленинских горах рыли щели. Очень быстро был получен приказ об эвакуации, ибо помню, что, ещё работая в институте, участвовал в упаковке в большие деревянные ящики институтского имущества.

Очень остро запомнилась в Москве первая воздушная тревога, оказавшаяся учебной. Она началась в предрассветный час, и я хорошо представляю себя вышедшим вместе с другими членами нашей семьи в Гнездиновский переулок через чёрный ход. Стоял грохот, в небе всё время «расщёлкивались» белые облачки выстрелов. От ночного холода и нервного напряжения стучали зубы, и унять их никак не удавалось. <...>

Конкретные и понятные новые дела вводили жизнь в нормальное русло. Мы, окончившие МГРИ, получили направление для руководства строительством оборонительных сооружений. Ведал этим Народный Комиссариат Внутренних Дел, соответствующее его Управление находилось на улице Матросская Тишина, где-то за Сокольниками. Мы ходили туда большой толпой. Я оформил свой уход из НИГРИЗа, где в архивном приказе уже после войны прочёл, что был уволен из института «в связи с мобилизацией на оборонные работы». На Матросской Тишине я получил какой-то денежный аванс. Вроде всё уже было решено. Но когда мы вместе с Володей Дреземейером пошли в наш Советский райвоенкомат – общий, так как мы были соседями, оказалось, что туда ничего не сообщили и нас никуда, ни на какие оборонные работы не отпустили.

Что бы получилось, если бы не было этой случайности? Очень многие из поехавших, строивших противотанковые рвы где-то под Смоленском, потом попали в плен. Одни погибли, другие многое пережили, например, Шура Генкин, который всю войну считался пропавшим без вести, несколько раз был в немецких лагерях. Может быть и меня бы давно уже не было в живых. <...>

Оставшись в Москве, я болтался без дела ещё около двух недель. От этого времени у меня осталось интересное удостоверение и связанные с ним воспоминания. <...> Текст удостоверения гласит: «Предъявитель сего инженер Шер направляется в распоряжение гл. инженера Мосфильма тов. Вейнберга для технической помощи по устройству плотин (запруды), или котлована-водохранилища. Руководителю предприятия срочно организовать рабочую силу для выполнения работы». <...> Вручали эти удостоверения нам, оставшимся по тем или иным причинам в Москве выпускникам МГРИ, в доме, бывшем особняке на Зубовском бульваре, где ещё сейчас находится райсовет. Это было одно из мероприятий для ликвидации последствий зажигательных бомб.

Не знаю, насколько оно оказалось эффективным. А для меня это было первое задание, как окончившего вуз, хотя и не совсем по специальности. С приведённым выше удостоверением и с полным незнанием того, что от меня требуется, я поехал в Мосфильм на Потылиху. Это было на хорошо знакомом мне каждодневном пути от Киевского вокзала к институту НИГРИЗолото на Ленинских горах.

Где-то на территории Мосфильма, на склоне горы <...> я попал в центр большой группы людей, среди которых двое, очевидно, руководители, спорили о том, есть ли смысл строить запруду в выбранным месте, или вода всё равно уйдёт, просочится через грунт. Спор шёл на самых высоких нотах, с обвинениями друг друга чуть ли не в пособничестве немцам и угрозами военным трибуналом.

Робкое предъявление мною удостоверения было встречено весьма бурно. Присланный «для технической помощи» инженер должен был тут же дать своё заключение. Наверное, я бормотал что-то, довольно нечленораздельное, да и вряд ли вообще можно было что-то быстро заключить, не проводя хоть каких-то исследований. Теперь я мог бы сказать что-нибудь с умным видом, а тогда первая моя инженерная должность после окончания института окончилась бесславно. На следующий день, а может быть и тотчас же, я поехал в райисполком и сказал, что готов копать котлованы, но в технические руководители не гожусь. Отставка моя прошла незаметно, наверное, и без меня было у всех достаточно забот.

Курсы

<...> Военная моя служба началась в лагерях Военно-инженерной академии им. Куйбышева около села Николо-Урюпино в 5–6 км от ст. Нахабино. Ехали мы туда на обычном пригородном поезде, почему-то довольно долго ожидая его вначале на вокзальной площади. <...> Первое, очень реальное до сих пор воспоминание относится к тому как (очевидно после выдачи обмундирования и стрижки) нас завели в просторную летнюю казарму, и какой-то офицер показывал и объяснял нам, как надо навёртывать портянку. Это была первая военная «премудрость», усвоенная мною, которую я хорошо помню и сейчас, очевидно вследствие многократной практики не только в Армии, но и позже в своих геологических поездках. <...>

Курсы были краткосрочными, рассчитанными, однако, на несколько больший, чем фактически продолжались, срок – 4 или 5 месяцев. Все слушатели были выпускники 1941 года высших учебных заведений, в основном строительных, а заодно и геологических, геодезических, географических, возможно и каких-то ещё. Народ туда съехался со всего Союза, хотя может быть только с Европейской



его части, потому что, кроме москвичей, мне запомнились, в основном, кавказцы – азербайджанцы из Баку и, отчасти, армяне из Еревана. Азербайджанцы плохо говорили по-русски и не ели свинины, которой нас часто кормили. Очень живо перед глазами у меня их несъеденные порции. Поскольку аппетит у нас у всех был волчий, то, наверное, они здорово голодали. <...>

Все мы были разбиты на учебные роты. Их было 14 или 15, в каждой, по-моему, не менее 160 человек (4 полных взвода). Большинство рот назывались инженерно-сапёрными, но были и специальные. В частности, нас геологов, вначале определили в роту топографическую, где я проучился несколько дней. Потом выяснился «перебор» топографов, и там оставили лишь выпускников МИИГАиКа и географических факультетов университетов, а нас сделали сапёрами. Были ещё специальные роты минёров-подрывников, но вряд ли они чем-то существенным отличались от инженерно-сапёрных. <...>

Насыщенность всех дней занятиями, строго уложенными в расписание, изолированность нашей лагерной жизни как бы отдаляла нас от войны, хотя, конечно, она и врвалась к нам отовсюду. В какие часы точно не помню, по-моему, после завтрака, строй по дороге на занятия останавливался у чёрной тарелки репродуктора, и все молча слушали очередную нерадостную сводку Информбюро.

Вскоре после нашего прибытия на курсы начались ночные немецкие налёты на Москву. В районе лагеря ни разу не бомбили, но поблизости где-то стояли зенитные батареи и пролёт самолётов со-

провождался всегда мощной канонадой. Осколки от зенитных снарядов падали на лагерь, и дневальные утром собирали с расчищенных «линеек», окружавших строй палаток, чёрные, с рваными краями осколки, большие и совсем маленькие и складывали их для всеобщего обозрения на тумбочку под «грибком» у своего поста.

В налёты нас поднимали по тревоге, и в полном обмундировании мы шли в лес – он был со всех сторон вокруг палаток – и должны были залезать в щели, отрытые нами в самом начале пребывания в лагере. Очень трудно было рыть эти щели в сплошном переплетении корней и тяжёлом глинистом грунте. В щели, грязные и сырые, все лезли неохотно, предпочитали сидеть около них. <...>

Однажды я проспал налёт, не поднялся по тревоге и проснулся среди оглушительного треска зениток, который, очевидно, до этого уже продолжался достаточно долго, стал медленно одеваться, раздумывая о том, как незаметно проскочить через линейку в лес мимо дневального. За это время самолёты пролетели, зенитки смолкли, и мои товарищи по палатке вернулись и завидовали мне, что я спокойно спал, пока они сидели в лесу. <...>

Ближе к осени, по воскресным дням (а у нас ещё был день отдыха, как в мирное время), к нам с Дразом (так все мы звали Володю Дреземейера) стали приезжать друзья – Серёжа Тиц, Миша Никитин и Галя – Володина девушка. Мы ходили по лесу, собирали ягоды, потом грибы. <...> Не думалось тогда, что через неделю наше обучение неожиданно прервётся. И никто ещё не мог предсказать, что через месяц или немногим больше пойдёт в раз-

ведку и не вернётся из неё Драз, и Галя будет ждать его много лет. От нас самих наше будущее не зависело нисколько, всё предопределялось каким-то неведомым нам высоким начальством. Наверное, поэтому и мало думали мы о том, что будет впереди. А ещё, наверное, потому что были молодыми.

Тревожные дни в Подмоскowie

Наша размеренная жизнь в лагере прервалась для нас, курсантов, неожиданно, хотя начальство, наверное, знало об этом ранее. До окончания курсов оставалось более месяца, когда вечером была получена команда срочно сдать всё казенное имущество. Это было числа 10–11 октября. <...>

Впервые соприкоснулись мы с военной Москвой, сильно изменившейся с июля. Комендантские посты, заграждения из железных ежей и мешков с песком, заклеенные полосками бумаги тёмные окна, теперь хорошо известные из многочисленных воспоминаний, книг, кинофильмов, сразу приблизили нас к суровой действительности. По шоссе Энтузиастов, около которого мы жили, непрерывной колонной двигались на восток беженцы. Это производило сильное впечатление. Ехали машины с самым разнообразным имуществом, и, главное, двигалась почти сплошная колонна пешеходов с тележками, скарбом, детьми, стариками, коровами, – и всё это непрерывным потоком и день, и ночь, в течение всей нашей жизни на шоссе Энтузиастов, того шоссе, по которому мы не раз до этого совершали приятные прогулки на велосипеде. <...>

Наступил памятный для Москвы день 16 октября, когда начался сплошной выезд из города, и всё чаще вспыхивала паника. По чьей-то неведомой нам команде сверху нас всех привезли в здание Военно-инженерной академии на Покровском бульваре и разбили на группы по 10 человек. Каждой группе был назначен «чужой» командир в чине лейтенанта, которого совершенно не помню. Ночью на каждую десятку выдали по одной винтовке с небольшим количеством патронов, получил винтовку – своё первое боевое оружие – я. Потом была дана команда садиться в машины. Перед академией стояло множество пустых «полуторок». Мы сначала залезли в какую-то не ту машину, где оказалась бесхозная телогрейка. Её прихватили с собой, и она нас здорово потом грела. <...>

Ездили мы почти сутки. Как вскоре выяснилось, надо было найти какой-нибудь оставшийся склад и

загрузиться взрывчаткой. Очевидно, у командира были адреса складов, но вначале найти их не удалось. <...> В шинелях на открытых машинах было здорово холодно; с нами в вещмешках были, почему-то остатки лагерного имущества, и все поверх шинелей закутались в синие байковые одеяла. Так мы и разъезжали по Москве и её окрестностям в долгих и безуспешных поисках склада ВВ.

Действующий склад оказался, в конце концов, на Варшавском шоссе, в большом яблоневом саду, как раз в том месте, по странной игре случая, где я живу сейчас. Мы с удовольствием, согреваясь, таскали ящики с толом, а потом вновь уже на них, закутавшись в те же одеяла, двинулись дальше.

Теперь каждая машина со своим командиром в кабине, десятью курсантами и одной винтовкой в кузове, шла по своему направлению. <...> Моим объектом, на котором я провёл около месяца – был железнодорожный мост через небольшую речку у станции Павшино, куда мы приехали на следующее утро. <...> Приехали мы к Павшинскому мосту 18 октября и находились там до середины ноября. Глубокий снег, выпавший в середине октября, в это время стоял, и днём, насколько помню, всюду были грязь и лужи, а ночами подмораживало. Постоянными обитателями нашего объекта были, кроме меня, два Яши, такие же, как и все на курсах, только что окончившие инженеры, но откуда они были родом и даже как выглядели, сейчас не вспомню. <...>

Ящики с взрывчаткой были уложены нами на опорах моста, провода с электровзрывателями, пока не вставленными в толовые шашки, проведены неглубоко в землю в блиндаж, из щели которого был виден мост. Теперь уже трудно восстановить в памяти, как было дело, но то, что первый мост мы готовили к взрыву огневым способом, а «наш» Павшинский – электровзрывателями, это запечатлелось очень точно. В первом случае, я обжимал щипчиками для сахара бикфордов шнур, во втором – многократно проверяя, крутил ручку взрывной машинки. По-видимому, электросеть для взрывания доставили нам позже, а пока её не было, на случай прорыва немцев вдоль железной дороги <...>, приходилось готовить взрыв бикфордовым шнуром.

Произвести взрыв мы должны были в случае получения особой команды (которой к счастью не последовало), а до этого в наши обязанности входило несколько раз в день проверять целостность взрывной электросети, а по ночам охранять наш

объект. Каждая ночь распределялась между нами троими поровну, или дежурили мы через ночь, я уже не знаю. Хорошо помню только, что на троих у нас была одна винтовка (очевидно, нас дополнительно снабдили оружием), с которой мы стояли на своём посту, и одна телогрейка (как будто та, случайно найденная при выезде колонны автомашин), которую мы поддевали под шинель.

Утром, конец дежурства определялся по радио – где-то поблизости, очевидно на станции Павшино. Оно начинало свою работу неизменно, как и потом всю войну с известной песни:

Пусть ярость благородная
Вскипает, как волна,
Идёт война народная,
Священная война!

<...> отчетливо в памяти встаёт маленькая железнодорожная будка у переезда, метрах в 50 от моста. Теперь её уже снесли. В эту будку изредка во время ночных дежурств мы заходили греться. Там жарко топилась маленькая железная печурка, и пожилые женщины – путевые обходчицы или дежурные на переезде, закутанные в платки, вели нескончаемые разговоры о войне. Часто (а может быть теперь только кажется, что часто, а было это в одну особенно запомнившуюся длинную осеннюю ночь) пересказывались и толковались священные книги, будто бы предсказавшие войну, а, главное, победу в будущем, которая придёт после долгих и тяжёлых испытаний. Красный конь победит белого, а до этого будут летать железные птицы, и земля содрогаться, и народы уйдут с обжитых мест. <...>

Жизнь на Павшинском мосту продолжалась почти месяц. За это время нам привезли приказ о производстве большинства из нас в лейтенанты, а нескольких курсантов, очевидно плохо занимавшихся, в младшие лейтенанты. Я прикрепил к шинели и гимнастёрке по два кубика, и в одно из посещений Москвы сфотографировался на Пушкинской площади между кинотеатром «Центральный» и домом «Известий», там, где сейчас выход из метро «Пушкинская». Это моя первая военная фотография с лихими усами, хотя ещё и не очень густыми.

В середине ноября мы передали свой заминированный мост какому-то сапёрному батальону, и все сосредоточились около самого близкого к Москве объекта – тоннеля под каналом Москва-Волга на Волоколамском шоссе. К этому времени наша группа пополнилась ещё десятью солдатами, а, наряду с командиром, к нам был приставлен

ещё один лейтенант – представитель контрразведки «смерш».

Тогда, а может быть ещё раньше, мне было выдано «Предписание», согласно которому лейтенант Шер С.Д. должен был «явиться для дальнейшего прохождения военной службы в 6-ю инженерно-сапёрную бригаду в г. Казань после окончания выполнения специального задания». Этот документ был, по-моему, единственным, который как-то удостоверял мою личность, но на всех многочисленных КП Москвы он действовал вполне безотказно – меня при московских поездках никогда не задерживали, а предъявлял я его очень часто.

Поселили нас в одном из зданий теперешней больницы Министерства путей сообщения, у упомянутого уже тоннеля, там, где теперь конечная остановка троллейбуса № 20. Больница существовала ещё до войны, в основном её здании, очевидно, был госпиталь, а наш 4-х или 5-этажный дом, слева от больницы, служил общежитием медперсонала. В комнатах этого общежития жили медсёстры и врачи, которых ещё не успели вывезти в какие-то более отдалённые от фронта места, а частично вывозили при нашем там пребывании.

До этой западной окраины Москвы доносился уже по ночам гул канонады, очевидцы рассказывали о близости немцев – они действительно тогда были не далее, чем в 20–30 км от Москвы. Несмотря на это, а может быть отчасти и поэтому, жизнь наша была очень беспорядочная и даже какая-то отчаянно весёлая. В оставшихся жилых комнатах крутились патефоны, под музыку шли танцы, много играли в карты (в основном, в подкидного дурака), откуда-то из Тушина в большом молочном бидоне притаскивали пиво, которое несмотря ни на что ещё кое-где продавалось. <...>

Охрану единственного оставшегося у нас объекта – тоннеля под каналом Москва-Волга теперь несли солдаты, а у нас <...> никаких обязанностей не было. Очевидно, начальству было не до нашей десятки молодых лейтенантов. О нас, по-видимому, все забыли, что и обусловило наше несколько затнувшееся пребывание на объекте.

Школа младших лейтенантов

Наша бездельная жизнь длилась, наверное, дней 10–15. Закончилась она уже в декабре, когда началось наступление наших войск под Москвой. <...> Для получения назначения нас всех, а может

быть только часть группы, повезли ночью на машинах в штаб инженерных войск Западного фронта. Я знаю это место около станции Барвиха, где размещался штаб, потому что позже, уже в феврале 1942 года, прослужил там около месяца. А тогда, тёмной ночью нас везли через какой-то незнакомый лес по казавшейся очень длинной извилистой дороге, куда-то в неведомое. Вдали, то с одной, то с другой стороны полыхали зарева пожаров.

Потом, уже днём, я принимал взвод в школе младших лейтенантов инженерных войск Западного фронта. Это было опять же рядом с Николо-Урюпиним в Архангельском, куда мы во время занятий на курсах часто ходили. Я был очень озабочен тем, как скомандовать построенному взводу, так как во время занятий только сам такие команды выполнял. Тогда, да и потом, хорошо получалась команда «Равняйся!», скомандовать же «Смирно!» оказалось очень трудным. <...>

Окончательное место школы младших лейтенантов инженерных войск Западного фронта было в городе Орехово-Зуеве. <...> Первое и довольно значительное время мы должны были проводить все занятия, так как специальных преподавателей не было. Это значит, что 10 часов ежедневно надо было учить тому, что мы сами ещё кое-как знали, а частично и вообще не знали. Особенно трудно было вначале, когда занятия ещё были в классе, а не практические. Примерное дневное расписание выглядело так:

- 2 часа – Политподготовка
- 2 часа – Караульная служба
- 2 часа – Строительство переправ
- 2 часа – Подрывное дело
- 2 часа – Военная топография.

Для проведения занятий надо было хотя бы разок самому прочитать наставление, устав или учебник, а уже потом пересказывать его слушателям. К тому же каждый третий день приходилось быть дежурным по роте, то есть приходиться до подъёма и уходить в своё общежитие после отбоя.

Группы – взводы – в школе были разные. Мой взвод, в частности, готовил не младших лейтенантов, а младших командиров. Слушателями были солдаты, в отличие от нас – командиров – уже успевшие повоевать, некоторые выписавшиеся из госпиталей. Все они были рады, что получили передышку в своих боевых действиях, и большинство учились с большой охотой. Образовательный уровень был самый разный, но обычно, очень низкий – несколько классов сельской школы.



Сейчас, конечно, я уже не помню никого из своих учеников, время обучения которых было около месяца. Почему-то вспоминается только очень живой и сообразительный грузин и какой-то солдатик крошечного роста, вечно сбивавшийся с ноги в строю и отстававший во всех делах. Какова судьба всех, сколько из них осталось в живых, пройдя через тяжёлые дороги войны!

Преподавать стало несколько легче, когда начали преобладать практические занятия. Разбирали устройство мин – наших отечественных и немецких трофейных, отрабатывали взрывы, вначале без толовой шашки с одним капсюлем, потом подрывали столбы, слуги, деревья, лёд на Клязьме. Надо сказать, что на курсах в Нахабине именно это нам почти что и не успели преподавать.

Где-то в начале занятий в одной из групп произошёл несчастный случай – взрыв мины или толовой шашки. Незнакомому мне командиру взвода или роты, проводившему занятия, оторвало руку. После этого ввели несколько более строгую выдачу взрывчатых «учебных пособий», но всё равно взрывали мы много. Обычно вызывали сразу пять или шесть человек. Они снаряжали всё к взрыву и должны были по команде зажечь бикфордов шнур,

а потом спокойно отойти (не бежать!) на безопасное расстояние, где размещалась остальная группа.

Помню, что при этом проявлялся характер каждого солдата. Одни зажигали шнур совершенно спокойно и уходили, а другие волновались, не попадали спичкой в горящую сердцевину (до сих пор помню, как срезать шнур, прижимать к нему спичку и чиркать по ней коробком). Поскольку в это время уже горели рядом другие шнуры, волнение их ещё усиливалось. Если было достаточно времени до общего взрыва, то мы, преподаватели, помогали им, а если уж видели, что времени нет – давали команду отходить.

Из жизни школы мне запомнился очень зримо приезд генерал-майора Воробьёва (который потом был маршалом инженерных войск); тогда он был начальником инженерных войск Западного фронта. Мы с взводом строили в учебных целях блиндаж или землянку. Поскольку этим практически руководить я, конечно, не мог, то выявил из состава взвода несколько плотников и сделал их инструкторами. Сам я только присматривал за порядком.

День был морозный, в лесу глубокий снег. Я замёрз и стал таскать со своими учениками следи. Уши у моей шапки были спущены, шинель наполовину расстёгнута, засыпана снегом. Вдруг кто-то из солдат говорит мне: «Товарищ лейтенант, генерал идёт!». Воробьёв в сопровождении всего школьного начальства был уже совсем рядом и, поняв, что я уже не успею привести себя в нормальный вид, я так, в расстёгнутой шинели и развязанной шапке пошёл навстречу начальству. Из-за генеральской спины командир роты подавал мне угрожающие знаки. Но всё сошло, однако, благополучно. Попало мне только за чужую вину. Около нас оказалось несколько деревьев с изодранной корой. Генерал рассердился, что мы не бережём лес, и прочёл мне нотацию.

Моя короткая, около месяца, преподавательская деятельность доставляла мне много приятных минут. Это хорошо видно из тех открыток, которые я регулярно писал домой. <...>

От 20 декабря:

«...сегодня я провёл 7 уроков, готовиться к которым начал сегодня же. Но это приносит и много радости: слушатели очень жадно впитывают все премудрости, и отношения у меня с ними установились очень хорошие. Вообще я довольно быстро втягиваюсь в новую для меня жизнь...»

От 26 декабря:

«Вынужден покаяться, что стал несколько реже писать вам. Но представьте себе, что я по 10 часов в день провожу занятий, готовлюсь к ним и ещё несу разные мелкие нагрузки. Сейчас всё же решил написать вам перед сном. Завтра надо встать в 4 часа утра – идти присутствовать на подъёме. Однако не подумайте, что жизнь моя плоха. Одно то, что слушатели мои говорят мне: "Нам Ваше преподавательство очень уж нравится" доставляет мне немало приятных минут. Вообще воспитывать и учить людей чрезвычайно интересно, а люди замечательно все хорошие и интересные, каждый по-своему».

Осталось воспоминание от новогоднего вечера 1942 года. Он был, наверное, устроен какой-то шефской организацией. Очень хорошо пел мальчик дискантом песню «А я не сплю в дозоре у границы». И эта песня, впервые слышанная в этот вечер, запомнилась на всю жизнь. После рано окончившегося (задолго до двенадцати, после какой-то пляски наших солдат) вечера, я ушёл в общежитие и лёг спать, так как завтра был обычный подъём около 6 часов или раньше. <...>

Жили мы в Орехово-Зуеве до 26 января и думали, что эта жизнь продлится ещё долго. Со временем жизнь стала спокойнее, главным образом, из-за того, что для проведения специальных занятий приехали преподаватели. Помню, как приехал специалист инженер-мостостроитель. Он осмотрел выстроенный в небольшом овражке под моим руководством кривой и косою мост и потом многозначительно хмыкнул, узнав, что я геолог. <...>

Возвращение в Москву

Как всегда в Армии, неожиданно мы получили приказ вернуться вместе со школой в Москву. <...>

Оставшись в штате школы младших лейтенантов, я был прикомандирован к штабу инженерных войск Западного фронта. Сначала было сказано, что это задание на несколько дней, а потом выяснилось, что практически постоянно. В штабе инженерных войск в результате я проработал около 1,5 месяцев. Я подчинялся также нештатному начальнику отдела учёта офицерских кадров, который ведал комплектованием и перестановкой и распределением офицеров в весьма многочисленных инженерных частях Западного фронта. Был им майор Рубашкин, который, судя по моим письмам домой

и воспоминаниям, представлял собой очень приятного человека и очень хорошо ко мне относился. Чем-то он напоминал мне папу. Помню ещё, что он был очень обязательный службист и мы с ним сидели вечерами всегда до двух-трёх часов ночи даже в тех случаях, если не было особенно срочных дел. Но таков был, говорили, общий порядок во всех крупных штабах, связанных с режимом работы Сталина. Начинали мы, правда, работать довольно поздно, насколько я помню, часов в 10 или 11 утра. <...>

В штабе я заполнял большие книги и карточки на всех офицеров инженерных войск. Суть этой работы я представляю довольно смутно. Наиболее запомнилось мне в штабе довольно долгое занятие по комплектованию новых понтонных батальонов с деревянными парками. Их было около 10. Моё занятие заключалось в доставке в батальоны офицерского состава. Я ездил по резервам разных родов войск: помню, что к начфинам, медикам, ветфельдшерам и, наверное, другим и привозил командиров. Это было довольно канительное, но вместе с тем живое дело.

Сначала, когда я уезжал за офицерами, то командиры, которые уже были все укомплектованы и находились где-то при нашем штабе, давали свои неофициальные указания, касающиеся возраста, пола, внешнего вида будущих начальников. Потом были всякие недоразумения, обмены, которые приходилось согласовывать и оформлять. На фоне нашей чисто бумажной работы эта деятельность осталась у меня как наиболее живая. Интересно, что одного из командиров сапёрного батальона с деревянным понтонным парком я потом встретил в качестве геолога на Урале. Но он едва, конечно, вспомнил, как я ему привозил из резерва командиров.

В качестве курьёза могу указать, что в штабе инженерных войск Западного фронта все начальники оказались с птичьими фамилиями. Начальник инженерных войск генерал, а потом маршал Воробьёв, начальник технического отдела полковник Ястребов, начальник отдела снабжения полковник Воронов, зам. начальника отдела полковник Коршунов и ещё, наверное, 2–3 человека, которых уже забыл.

В штабе всем офицерам приходилось периодически дежурить. <...> В дни, вернее ночи, дежурства я писал длинные письма домой и своим уже раскиданным по всем фронтам, а иногда и пропавшим друзьям. <...>



Отряд глубокого бурения

Работа в штабе инженерных войск Западного фронта мне в целом очень не нравилась. Она, действительно, была далёкой от боевой деятельности, совершенно бумажной, сугубо канцелярской. Я даже чувствовал себя неловко, выполняя такую работу, и мне казалось, что на ней должны быть либо старички, либо хитрые пролазы. Тяготил также режим работы – до 2–3-х часов ночи ежедневно.

По-моему, два или три раза я писал своему начальству рапорты о переводе в какую-либо воюющую часть. Но мой очень приятный начальник майор Рубашкин каждый раз откладывал рапорт и говорил мне, что я успею навоеваться, что я здесь нужен, и другие хорошие слова. Вместе с тем, у меня с ним были все списки офицерского состава и вакантные должности всех инженерных частей фронта. Так что выбор для перехода куда-нибудь был обширный.

Вопрос о моём уходе из штаба был почему-то решён одновременно с уходом майора Рубашкина, который также просился в действующую часть. 20-го марта, то есть после примерно 2,5 месяцев работы в штабе, я писал домой, что «почти пере-

шёл на другую работу – в отряд глубокого бурения» на должность старшего техника. <...>

27 отдельный отряд глубокого бурения (27 ООГБ) был небольшой частью порядка отдельной роты, непосредственно подчинённой штабу инженерных войск Западного фронта. Главная задача его была – обеспечивать войска водой, особенно госпитали и аэродромы. Отряд должен был быть оснащён специальным буровым оборудованием, которого, к сожалению, у него фактически серьёзного не было.

Забегая немного вперёд скажу, что в разных вспомогательных отделах фронта название отряда всегда производило внушительное впечатление. Нередко пытались спрашивать, что это за отряд, но мы по возможности отвечали таинственно, вроде «выполняем разные специальные задания». Так лучше снабжали нас горючим, материально-техническим имуществом и другими всякими благами.

Мне очень отчётливо помнится, как я с тощим вещевым мешком за плечами зимним утром шёл к совершенно новой для себя деятельности. Даже помню, как где-то на дороге, в знакомом по туристическим походам местах, не доходя до села Ильинского, где стоял отряд глубокого бурения, сел на мостике перематывать портянки и думал, как я ходил здесь на лыжах до войны, и какая предстоит жизнь – никто не знает.

После очень напряжённой в целом, хотя и будничной, работы штаба, в отряде первое впечатление было – отсутствие постоянных дел. Я писал домой, что «пока делать нечего, и мне все только предлагают "отдохнуть"». Я бродил по хозяйству отряда и знакомился с очень небольшой и примитивной техникой. И вообще я ещё не приспособился к фронтовым порядкам, когда периоды непрерывной деятельности и спешки, сменяются периодами затишья и ничегонеделанья.

Первое моё задание в отряде глубокого бурения была рекогносцировка помещения штаба Западного фронта в районе ст. Обнинская вблизи города Малоярославца и разведка под его строительство.

Хорошо помню, как я впервые выехал в те места, где ещё недавно были немцы, по такому близкому и знакомому мне теперь Варшавскому шоссе. Сопровождал я какого-то инженерного начальника и ехал один в кузове очень холодной «полуторки». Варшавское шоссе, как ещё довольно долго после войны, было очень узкое, а в военные годы к тому же чрезвычайно разбитое. Первое, что запомнилось, это район Речного порта. Здесь мы об-

гоняли очень медленно двигавшийся кавалерийский корпус. Обгон длился, наверное, около часа. Мы пропускали медленно продвигавшихся, усталых лошадей, на которых в бурках сидели кавалеристы. Как только колонна останавливалась, кавалеристы прямо в бурках ложились на асфальт и тут же засыпали. Когда мы выехали за город, то перед глазами открылась, ставшая потом обычной, а тогда ещё совсем новая для меня, картина боёв. Всюду встречались сгоревшие дома, стояли остовы печей, окружённые грудями кирпичей, торчали разбитые и искорёженные немецкие орудия, обгоревшие машины. Несмотря на холод и тряску я во все глаза смотрел на следы недавних боёв. Некоторые картины того пути как бы ещё и сейчас стоят у меня перед глазами.

Штаб Западного фронта предполагалось оборудовать в глубоких оврагах, где надо было пройти ряд штолен – для телефонной станции, определённых отделов и т. д. Наш отряд должен был определить места залегания штолен. Я помню, что командование сапёрного батальона, проводившего непосредственное строительство штаба, смеялось вначале над нашим участием и очень сомневалось в его целесообразности. Позже, когда ещё до наших изысканий, штольни вошли в водоносный горизонт и начатые сооружения затопило, отношение к нам изменилось.

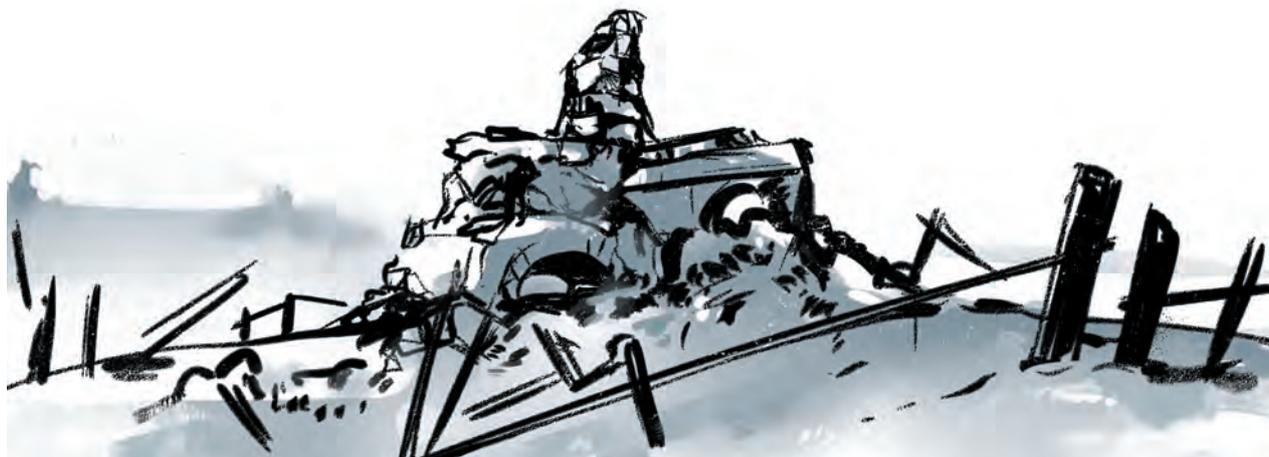
После моей индивидуальной с каким-то начальником поездки, мы приехали с группой наших солдат бурить. Я писал 8-го апреля домой:

«Живу в полевой геологической обстановке и бурю. Чрезвычайно доволен, что занимаюсь, наконец, интересной для меня работой. Бегаю, вымазался в глине, показываю, как свинчивать инструмент и т.д. Для себя составляю головокружительные геологические прогнозы, для начальства – рисую разрезы. Словом, лучшего ожидать нельзя.

К этому ещё чудесные весенние дни. Бегут ручьи, поют птицы, особенно по утрам. Солнце греет, ёлки пахнут особой свежестью.

Народ, с которым я работаю, очень хороший – в большинстве родной моей рудничной натуре. Приятно также чувствовать самостоятельность и свободу...»

К сожалению, это, по-моему, и осталось единственным чисто геологическим заданием, которое выполнял отряд. Народ тогда был в отряде действительно сплошь из уральских буровиков, но очень скоро, хотя и не за один раз, его заменили нестроевыми старичками.



Через неделю я оказался, тоже с группой солдат, на выполнении менее интересного и приятного задания в Нарофоминске. Здесь мы должны были чинить водопровод, повреждённый в результате неоднократного артиллерийского обстрела. Насколько я помню, задание это мы не выполнили, хотя возились в воде и ужасной грязи довольно много дней. Наши маломощные насосы только перекачивали воду из одной воронки в другую.

Под Нарофоминском, вернее на его окраине, ранее при нашем наступлении шли очень большие бои. Как раз таял снег, и лежало огромное количество трупов, чего я после никогда не видел. Не помню про наши трупы, их, наверное, довольно быстро хоронили, хотя и они то и дело вытаивали из-под снега, но немецкие трупы лежали огромной горой и производили ужасное впечатление. Была также масса солдатского имущества, в том числе, винтовок, патронов, гранат, всё ещё мало виденное нами.

Жили мы, в отличие от Обнинской, в самом Нарофоминске, где-то в районе городской окраины. Население там, застигнутое войной летом 1941 года и пережившее «под немцем» большую часть зимы, материально очень бедствовало. Запомнилось, что хозяева и соседи наши доставали из-под снега сохранившуюся зимой чёрную и мягкую полугнилую картошку и в виде трофеев добывали также не первой свежести куски лошадей, убитых во время боёв и пролежавших значительную часть зимы. Помню, как мы отняли у какого-то мальчишки, как будто сына хозяйки, толовые шашки, которые он принял за гороховый концентрат, – случай и позже на моих глазах довольно часто повторявшийся.

Мы сами тоже питались во время этих поездок неважно. Сам я не помню, чтобы испытывал особые лишения, но знаю, что бойцам, работавшим физически, было голодно, а один очень здоровый боец, которому требовалась двойная порция, лежал и не мог работать. <...>

Кроме описанных двух заданий мы начали заниматься рытьём колодцев, главным образом, в госпиталях, но я помню об этой работе больше из дальнейшего и то, что я объезжал свои объекты на каких-то трофейных велосипедах. <...>

Отряд наш из Ильинского в конце апреля переехал в деревню Жуковку, где-то около Барвихи, а затем при продвижении всего Западного фронта на запад в район ст. Обнинская, недалеко от Малоярославца. Здесь мы жили до лета 1943 года в деревне, которой забыл название, но прекрасно помню расположение всех домов. Штаб инженерных войск размещался здесь же в бывшем помещицком доме. В целом, весь этот год был у меня очень мирный, совсем далёкий от настоящей войны, поскольку и каких-то боевых операций в этом году на фронте не было.

Выступают в памяти только отдельные эпизоды из жизни отряда. Совсем особой работой, не похожей на другие, была разведка и проектная подготовка танконепроеходимых рубежей. Я занимался ею три раза, в общей сложности 12–15 дней, но она очень хорошо запомнилась. Первый раз это было около Кубинки, потом не знаю где, и наиболее запомнившаяся мне по ряду обстоятельств в окрестностях Каширы.

Суть её заключалась в том, что нам на значительной линии обороны надо было предусмотр-

реть сооружения труднопроходимые для танков. Главные из них были небольшие плотины, вернее системы плотин, которые бы превращали маленькие речки в танконепроходимые. Эти рубежи проектировались в нашем ближайшем тылу, на уже отвоёванной у немцев территории, для её закрепления на случай контрнаступления. Поскольку, как известно, немцы под Москвой повторно не наступали, эти оборонительные сооружения активной роли не играли. Я даже не знаю, были ли фактически построены эти плотины, рвы, эскарпы и другие инженерные сооружения. Но, во всяком случае, как всё в Армии, задание было очень срочное и выглядело очень ответственно.

Выполнял я эту работу совместно со специалистами из «Спецгео» – гражданской организации. Был в этой группе, во всяком случае, Каширской, насколько я помню, кроме меня – геолога, ещё инженер-гидротехник, специалист по строительству плотин, топограф и ещё несколько человек.

Рубеж наш, который мы оборудовали, проходил совсем близко от переднего края, который стоял неподвижно с зимы 1942 года. В первый раз за всю войну я был в зоне обстрела и, пробираясь с каким-то сопровождающим на нашей машине, мы должны были то и дело вылезать и миновать обстреливаемые участки. <...> Ходили мы по местности несколько дней – наносили на карту овраги, отдельные отрезки речек, мерили их глубину, смотрели, чем сложены берега, вообще активно трудились.

Обработка собранного нами материала проходила на какой-то очень симпатичной и уютной улочке в Кашире, в маленьком частном доме. Срок нам был отпущен очень сжатый, порядка нескольких дней, а надо было не только всё изобразить графически, но и подсчитать необходимое количество рабочей силы, объёмы перемещаемого материала, затраты леса и т.д. Мы сидели днём и частично ночью, прерываясь лишь для еды и короткого сна. Особенно мне запомнился наш гидротехник, который всё время впадал в панику, твердил о том, что выполнить весь объём работы невозможно, что он уже ничего не соображает и т.д. <...>

Из прочих заданий и событий жизни отряда, запомнились ещё немногие. Хорошо помню, например, как я с трактористом должен был доставить из-под Обнинской в район Жуковки буровой станок. Станок был на железном ходу, ударного бурения, и вообще уже в то время совершенно негодный, но почему-то его нельзя было списать

в Обнинской, а требовалось везти на прицепе за трактором примерно за 100 километров.

Я запомнил этот наш путь потому, что он пролегал частично вдоль реки Нары, где до этого проходил передний край обороны. В связи с этим, мне частично пришлось идти впереди трактора, проверяя отсутствие мин. Кроме того, на нашем пути встречались забытые трупы, и мы куда-то доставляли документы и участвовали в захоронении покойников. Всё это было в начале лета 1942 года, и наряду с военными делами, мы любовались очень пышной и красивой природой бассейна Нары.

Довольно большим заданием было восстановление плотины в Б. Вязёмах. Я приезжал туда ненадолго, а все работы производил пожилой инженер-гидротехник по фамилии Хлюс или Хлюст, очень низенький, приземистый и с настоящими «хохлятскими» усами. По-моему, он был без всякого звания, хотя и руководил работами, что в начале войны ещё бывало. <...>

Было, конечно, в отряде ещё много всяких внутренних хозяйственных дел, но в целом почти во всех письмах домой отражается отсутствие настоящих заданий. <...> Это отвечало и спокойному положению, и отсутствию каких-либо действий на Западном фронте в это время. <...> Осенью 1942 года начались изменения и в моей жизни.

Командование тылами

Если предыдущее время было для меня не очень боевое, и я жил, волею судьбы, довольно мирною жизнью, то последующие несколько месяцев оказались ещё более далёкими от войны. Но, тем не менее, это были месяцы войны, которая шла своим чередом, с великими и малыми делами. Если хочешь описать всё правдиво с позиции одного человека, надо рассказать и о мелких событиях, которые относятся к тому времени.

В районе ноябрьских праздников 1942 года я был направлен в окрестности станции Петушки, которую я потом не раз проезжал по дороге во Владимир. Там находились огромные склады инженерного имущества. Мне предстояло выяснить наличие и произвести инвентаризацию водоснабженческого инженерного имущества. Я провёл где-то в лесу около Петушков несколько дней, а за это время был получен приказ о переводе отряда на Сталинградский фронт. Таким образом, вся привычная жизнь сразу же нарушилась. <...>

Когда я приехал в отряд – это было поздно вечером – первое, на что обратил внимание, – это отсутствие караулов у штаба, складов и в других привычных местах. Помню, как я возмущенный и удивлённый этим зашёл в караульное помещение и там узнал, что отряд весь уехал.

Оказывается, мы получили приказ передислоцировать отряд на Сталинградский фронт, где в то время уже шло генеральное наступление. В степи требовалось обеспечивать госпитали, аэродромы, штабы большим количеством воды. Эта задача, по замыслу, и должна была быть возложена на отряд.

Организационная трудность переброски всего состава отряда заключалась в том, что к этому времени отряд очень тесно врос в штаб инженерных войск Западного фронта: у нас было много солдат, которые числились в отряде, но фактически были прикомандированы к штабу, где являлись сверхштатными связными, ординарцами и всякими другими аналогичными «деятелями». <...>

Тесные, многогранные связи отряда с Управлением инженерных войск фронта обусловили следующее решение о его переезде. Было принято решение, что отряд выезжает на Сталинградский фронт лишь временно, в командировку для выполнения задания.

Приказом на меня было возложено командование оставшейся под Москвой части отряда. Таким образом, я неожиданно оказался командиром около 30–40 человек, в значительной степени разбросанных по разным местам – на заготовке сена, продуктов и т.д. или прикрепленных к штабу. С

остатками отряда остались одна или две машины и трактор, которые во время переезда были на сенозаготовке, и ещё какая-то техника.

Поскольку отряд продолжал числиться на Западном фронте, то ему шли всякие директивные бумажки и запросы, на которые полагалось отвечать. В основном, этим мы и занимались. Были и всякие мелкие хозяйственные дела. Жизнь, в целом, была очень тихая и спокойная. <...>

Несмотря на вольготность моей жизни, она меня очень тяготила. Главная неприятность её заключалась в вольном или невольном участии во всех склоках между различными начальниками отделов штаба инженерных войск. Я всё время попадал в такие ситуации. Какой-нибудь начальник просил выделить ему солдата, главным образом, с целью отвезти посылочку в Москву. Поскольку начальник был в высоком чине, я выполнял его просьбу. А потом меня ругали за использование людей не по назначению. <...> Поэтому, хотя жизнь у меня внешне и была очень спокойная, но мне она была совсем не по нутру. Да и отсутствие хоть сколько-нибудь серьёзных дел действовало удручающе.

Я мечтал о том, как уехать к основному отряду и включиться в его работу. Такая возможность возникла в связи с временным возвращением из-под Сталинграда моего непосредственного начальника Печёнкина. Он как раз всеми силами стремился остаться в Подмосковье. Мы как-то очень быстро согласовали вопрос со штабом инженерных войск, и я с двумя солдатами <...> двинулись на юг.



Об авторе

Сергей Дмитриевич Шер (1918–1990) окончил Московский геологоразведочный институт имени Серго Орджоникидзе. Участник Великой Отечественной войны, кавалер ордена Красной Звезды, награждён боевыми медалями. Вся его научная жизнь связана с ЦНИГРИ.

Крупный специалист в области геологии золоторудных месторождений, опубликовал более 130 работ. Вёл исследования на Урале, в Баргузинской и Ленской тайге, в Приамурье, Средней Азии, в том числе одним из первых начал геолого-структурное изучение золоторудного месторождения Мурунтау, руководил пионерными поисковыми работами в рудных полях Сухой Лог и Вернинское. Обобщил данные по золотоносности земного шара в двухтомной монографии «Металлогения золота» (1972, 1974).



30.11.1930–9.10.2020

9 октября 2020 г. ушёл из жизни **Александр Александрович Константиновский**, доктор геолого-минералогических наук, крупный специалист в области металлогении, поисков и оценки месторождений золота и алмазов, заслуженный сотрудник ЦНИГРИ.

Александр Александрович был разносторонне одарённым человеком, в детстве мечтал посвятить себя профессии художника, но главным делом его жизни стали геологические исследования, и в профессии он достиг очень многого.

В свою первую дальнюю экспедицию первокурсник географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова Александр Константиновский отправился в Забайкалье в 1952 г. Тогда ему довелось работать в геологическом отряде НИГРИЗолото (ЦНИГРИ) – института, с которым он впоследствии связал свою профессиональную судьбу. Но по окончании университета Александр Александрович еще около 15 лет трудился в Алданской и Колымской экспедициях Всесоюзного аэрогеологического треста (ВАГТ). Выбор в пользу этой организации был сделан после студенческой производственной практики в Тувинской

экспедиции треста: Александр Александрович с удовольствием вспоминал, как здесь «выпускников вузов сразу брали в оборот, поручая самостоятельную работу и нередко назначая начальниками отрядов».

В 1958–1972 гг., работая в ВАГТ, Константиновский занимался среднemasштабной геологической съёмкой (районы исследований – Южное Верхоянье, хребет Джугджур, Приколымье, хребты Момский и Черского). Он – соавтор трёх изданных листов Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000. Существен его вклад в изучение стратиграфии и тектоники названных районов. В 1969 г. Александр Александрович Константиновский успешно защитил кандидатскую диссертацию по тектонике Южного Верхоянья. Спустя годы он посвятил пионерным исследованиям в этом сложном для изучения регионе документально-художественный рассказ «В края далекие», где описал, как в ходе полевого сезона были собраны материалы, которые изменили существовавшие представления о геологии Южного Верхоянья.

В 1972 г. Александр Александрович Константиновский начал работать в отделе алмазов ЦНИГРИ. На территории Беломорья он установил связь проявлений щёлочно-ультраосновного магматизма с погребённым Онежско-Кандалакшским авлакогеном-палеорифтом и на этой основе положительно оценил перспективы обнаружения алмазоносных кимберлитов, что было позднее подтверждено открытием трубок Зимнебережного района. На основе изучения северо-западной части Русской плиты он выделил локальные площади, перспективные для выявления кимберлитовых тел среднепалеозойского возраста.

В 1978 г. Александр Александрович приступил к исследованиям в отделе коренного золота ЦНИГРИ. Ему удалось оценить перспективы алмазоносности и золотоносности конгломератсодержащих формаций докембрия и фанерозоя на территории бывшего СССР, выделить перспективные районы в Сибири, на Урале и Тимане. В последующие годы сделанный им прогноз подтвердился открытиями месторождений алмазов в конгломератах верхнего палеозоя на фланге Мало-Ботубинского кимберлитового поля Якутии и палеороссыпного поля Ичет-Ю на Среднем Тимане с девонскими конгломератами, которые содержат высокосортные алмазы, золото и редкие металлы.

В результате многолетних исследований Александр Александрович Константиновский собрал и обобщил огромный материал и в 1991 г. блестяще защитил докторскую диссертацию «Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота и алмазов в древних конгломератах СССР». Им лично и в соавторстве опубликовано более 80 научных работ, в том числе в зарубежных журналах. В 2000 г. вышла фундаментальная монография Александра Александровича Константиновского «Палеороссыпи в эволюции осадочной оболочки континентов», в которой показана связь эволюции процессов и обстановок древнего россыпеобразования с общей эволюцией осадконакопления, текто-

нических режимов осадочных бассейнов и источников россыпных компонентов от раннего докембрия до фанерозоя.

В последние годы Александр Александрович работал в отделе металлогении ЦНИГРИ и принимал участие во всех важных исследованиях института, направленных на оценку перспектив золотоносности терригенных и черносланцевых комплексов востока России, выявление новых и нетрадиционных типов месторождений цветных и благородных металлов на территории Верхоянской и Центрально-Колымской металлогенических провинций; занимался локальным прогнозом палеороссыпей золота и алмазов в конгломератах перспективных районов страны.

Александр Александрович Константиновский был наделен ещё одним талантом – он замечательно писал, его поэтическая проза посвящена событиям экспедиционной жизни, красоте природы и людей, с которыми автора сводила судьба. Он создал целую галерею портретов своих современников, рассказал об их непростой судьбе. На страницах книг – авторские рисунки: ленты рек меж горных вершин, облака, плывущие с холодного моря, и жители далёких суровых мест. Остаётся только сожалеть, что имя писателя и художника Александра Александровича Константиновского практически неизвестно широкой публике. Возможно, новые поколения ещё откроют для себя его книги.

Несмотря на значительный научный вклад, внесённый им в развитие отечественной минерально-сырьевой базы за 60 лет работы, геолог Константиновский имел не очень много наград: медаль А. Е. Ферсмана «За заслуги в геологии», медали «Ветеран труда», «В память 850-летия Москвы», знаки «Почётный разведчик недр», «Отличник разведки недр», «300 лет горно-геологической службе России». Но тщета славы не беспокоила его: жизнь Александра Александровича была наполнена интереснейшими плодотворными исследованиями, творчеством, он профессионально занимался горнолыжным спортом, любил трудные маршруты, ему сопутствовала удача на охоте, друзья и коллеги ценили его профессионализм, порядочность, надёжность, ум, талант. Одним из последних подарков Александра Александровича коллегам стала идея, предложенная им для оформления книги «Время ЦНИГРИ» к 85-летию института: «В основе нашего успеха – единение людей». Этот образ и стал лейтмотивом оформления обложки юбилейного издания.

Александр Александрович Константиновский ушёл из жизни незадолго до своего 90-летия. Это огромная потеря для всех, кто его знал и любил.

*Дирекция,
Учёный совет,
редколлегия журнала,
коллеги и друзья*