

ISSN 0869-5997

И РУДЫ 
МЕТАЛЛЫ
ORES AND METALS

2-3/2025

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ 2-3/2025

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, 2025



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Наумов Евгений Анатольевич

главный редактор
первый заместитель генерального директора ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Иванов Анатолий Иннокентьевич

заместитель главного редактора
и. о. генерального директора ФГБУ «ЦНИГРИ»
доктор геолого-минералогических наук

Дамдинов Булат Батуевич

заместитель главного редактора
заместитель генерального директора ФГБУ «ЦНИГРИ»
доктор геолого-минералогических наук

Пирайно Франко

заместитель главного редактора
по международным публикациям
профессор, Университет Западной Австралии,
г. Перт, Австралия

Жаркова Вера Сергеевна

заместитель главного редактора
по редакционно-издательской деятельности
заместитель начальника
редакционно-оформительского
отдела ФГБУ «ЦНИГРИ»

Аракчеев Дмитрий Борисович

генеральный директор ФГБУ «Росгеолфонд»
кандидат технических наук

Бозкая Гульчан

доктор наук, профессор
инженерно-геологического факультета
Университета Памуккале, Турция

Волчков Алексей Гордеевич

заведующий научно-методическим
отделением МСБ ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Вымазалова Анна

Чешская геологическая служба,
г. Прага, Чешская Республика

Голубев Юрий Конкордьевич

начальник отдела алмазов ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Горячев Николай Анатольевич

главный научный сотрудник СВКНИИ ДВО РАН
доктор геолого-минералогических наук,
академик РАН

Звездов Вадим Станиславович

начальник отдела металлогении ФГБУ «ЦНИГРИ»
доктор геолого-минералогических наук

Зедгенизов Дмитрий Александрович

директор ИГГ УрО РАН
доктор геолого-минералогических наук

Калинин Юрий Александрович

главный научный сотрудник ИГМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук

Кременецкий Александр Александрович

советник генерального директора ФГБУ «ИМГРЭ»
доктор геолого-минералогических наук

Кряжев Сергей Гаврилович

начальник отдела металлогении, изотопной геохимии
месторождений благородных и цветных металлов
ФГБУ «ЦНИГРИ», доктор геолого-минералогических наук

Кузнецов Владимир Вениаминович

начальник отдела цветных металлов ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Мишенин Сергей Григорьевич

начальник отдела геофизики ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Похиленко Николай Петрович

научный руководитель ИГМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук,
академик РАН

Проскурнин Василий Фёдорович

заведующий отделом региональной геологии
и полезных ископаемых
Восточных районов России ФГБУ «ВСЕГЕИ»
доктор геолого-минералогических наук

Селтмэн Реймар

профессор, Музей естественной истории,
г. Лондон, Великобритания

Толстов Александр Васильевич

ведущий научный сотрудник ИГАБМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук,
действительный член АН РС(Я)

Фридовский Валерий Юрьевич

директор ИГАБМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук,
профессор

Черных Александр Иванович

советник управляющего директора ООО «УК Полюс»
кандидат геолого-минералогических наук

ORES AND METALS 2-3/2025

Founded by FSBI «Central research institute of geological prospecting for base and precious metals» (TsNIGRI)
Federal Agency for Subsoil Use

Mass media registration certificate No 01919 (21.12.1992)

Published since 1992

Moscow, TsNIGRI, 2025



EDITORIAL BOARD

Evgeniy A. Naumov

Editor-in-chief
Deputy Director, FSBI TsNIGRI
PhD

Anatoly I. Ivanov

Deputy editor-in-chief
Acting General Director, FSBI TsNIGRI
PhD

Bulat B. Damdinov

Deputy editor-in-chief
Deputy Director, FSBI TsNIGRI
PhD

Franco Pirajno

Deputy editor-in-chief for international publications
Dr., Adjunct Professor at Centre for Exploration Targeting,
University of Western Australia

Vera S. Zharkova

Deputy editor-in-chief for editorial and publishing activities
Deputy head of editorial and design department, FSBI TsNIGRI

Dmitry B. Arakcheev

General Director, FSBI Rosgeolfond
PhD

Gülcan Bozkaya

Dr., Professor, Department of Geological Engineering
Pamukkale University, Turkey

Alexey G. Volchkov

Head of mineral base scientific
and methodical division, FSBI TsNIGRI
PhD

Anna Vymazalova

Dr., Czech Geological Survey, Czech Republic

Yuri K. Golubev

Head of diamond department, FSBI TsNIGRI
PhD

Nikolay A. Goryachev

Chief researcher, NEISRI FEB RAS
Academician of RAS

Vadim S. Zvezdov

Head of metallogeny department, FSBI TsNIGRI
PhD

Dmitry A. Zedgenizov

Director, IGG UB RAS
PhD

Yuri A. Kalinin

Chief researcher, IGM SB RAS
PhD

Alexander A. Kremenetsky

Advisor to General Director, FSBI IMGRE
PhD

Sergey G. Kryazhev

Head of mineralogy and isotope geochemistry
department, FSBI TsNIGRI
PhD

Vladimir V. Kuznetsov

Head of base metals department, FSBI TsNIGRI
PhD

Sergey G. Mishenin

Head of geophysics department, FSBI TsNIGRI
PhD

Nikolay P. Pokhilenko

Scientific Director, IGM SB RAS
Academician of RAS

Vasily F. Proskurin

Head of the Eastern Russia regional geology
and minerals department, FSBI VSEGEI
PhD

Reimar Seltmann

Dr., Professor, Head of CERCAMS
(Centre for Russian and Central EurAsian
Mineral Studies),
Natural History Museum, London

Alexander V. Tolstov

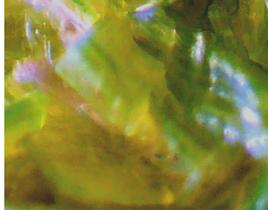
Leading researcher, IGABM SB RAS
PhD, Full member of SB RAS

Valery Yu. Fridovsky

Director, IGABM SB RAS
PhD, Professor

Alexander I. Chernykh

Advisor to Managing Director, Polyus PJSC
PhD



СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Горячев Н. А.

Золотое оруденение
Арктического пояса
Дальнего Востока России

Гаськов И. В.

Металлогения золота
Южной Монголии

Молчанов А. В.

Гетерорудоносные региональные
проницаемые зоны плитного комплекса
Восточно-Сибирской платформы

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Пак Н. Т., Ивлева Е. А.

Скарновые месторождения золота
в Тянь-Шане (Кыргызстан)

**Кудрявцева Н. Г.,
Богославец Н. Н.**

Околорудноизменённые породы
свинцово-цинковых месторождений
Приаргунской минерагенической зоны

ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Goryachev N. A.

Gold mineralization
of the Arctic Belt
of the Russian Far East

Gaskov I. V.

Gold metallogeny
of Southern Mongolia

Molchanov A. V.

Hetero-ore-bearing regional permeable
zones in the plate complex
of the East Siberian platform

GEOLOGY OF THE ORE DEPOSITS

Pak N. T., Ivleva E. A.

Skarn-related gold deposits
in Tian Shan, Kyrgyzstan

**Kudryavtseva N. G.,
Bogoslavets N. N.**

Altered wall rocks at lead-zinc
deposits in the Priargunsky
minero-genic zone

5

24

45

58

74

Золотое оруденение Арктического пояса Дальнего Востока России

Горячев Н. А.

СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан, Россия

Аннотация. Охарактеризована рудная золотоносность раннемелового Арктического орогенного пояса дальневосточной Арктики. Золотое оруденение представлено золото-кварцевым жильным, золото-сульфидно-вкрапленным зон смятия и дробления, золото-висмутовым (золото-редкометалльным) жильно-прожилковым и скарновым, малоглубинными золото-джаспероидным и эпитегрмальным золото-серебряным, а также золотоносным медно-порфировым типами. Показана коровая природа оруденения по данным изотопии S сульфидов рассмотренных объектов. Максимальные перспективы связаны с позднеорогенным золото-сульфидно-вкрапленным оруденением. Весьма благоприятны на выявление крупных объектов майского типа месторождения Мастах, Альфа, Онкучанское северного обрамления Куларского купола, Таамарское Улахан-Тасского сектора, Эльвенейское на Чукотке. Следует провести оценку перспектив на посторогенное золото-серебряное эпитегрмальное оруденение на Куларе, а также золото-джаспероидного и медно-порфирового типов. Обозначена необходимость разработки специальной программы в рамках прогнозно-минерогенических исследований на ближайшие годы.

Ключевые слова: позднемезозойское золотое оруденение, изотопия серы рудных сульфидов, дальневосточная Арктика России.

Для цитирования: Горячев Н. А. Золотое оруденение Арктического пояса Дальнего Востока России. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 5–23. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10005.

Gold mineralization of the Arctic Belt of the Russian Far East

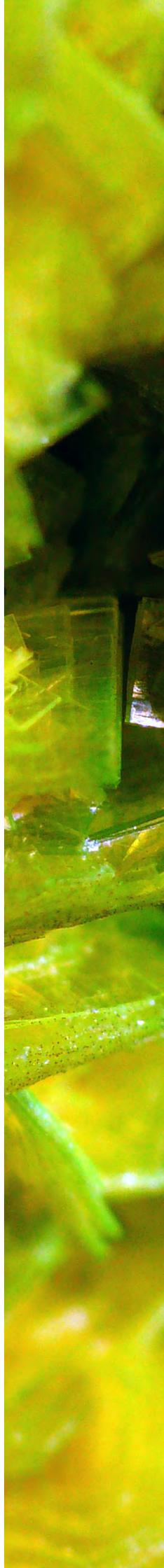
Goryachev N. A.

North-Eastern Integrated Research Institute (SVKNII) FEB RAS, Magadan, Russia

Annotation. The gold ore-bearing potential of the Early Cretaceous Arctic orogenic belt of the Far Eastern Arctic is characterized. The gold mineralization is represented by the Au-quartz vein, Au-sulfide disseminated in folded and crushed zones, Au-Bi (gold-rare metal) vein-veinlet and skarn types; by the shallow-depth Au-jasperoid and Au-Ag epithermal types; as well as by the gold-bearing porphyry copper type. The crustal origin of the mineralization is shown based on the S-isotope data on ore sulfides of the objects considered. The maximum prospects are related to the late-orogenic Au-sulfide disseminated mineralization. The Mastakh, Alpha, and Onkuchan gold deposits in the northern frame of the Kular Dome; the Taamar deposit in the Ulakhan-Tas sector; and the Elveney deposit in Chukotka are very favorable for identifying large objects of the Maiskoe type. It is necessary to evaluate the prospects for post-orogenic Au-Ag epithermal mineralization in the Kular area, as well as Au-jasperoid and porphyry copper types. A need in developing a special program within the framework of the forecasting minerogenic investigations for the coming years is highlighted.

Keywords: Late Mesozoic gold mineralization, sulfur isotope of ore sulfides, Russian Far Eastern Arctic area.

For citation: Goryachev N. A. Gold mineralization of the Arctic Belt of the Russian Far East. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 5–23. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10005.





Введение. В последнее время много внимания уделяется Арктической зоне Российской Федерации в связи с активностью по развитию Северного морского пути. Немалое место в публикациях и обсуждениях занимают вопросы, связанные с состоянием минерально-сырьевой базы на разные полезные ископаемые [3, 4, 6], особенно благородных металлов и, прежде всего, золота. При этом в современной литературе преобладают подходы глобального обобщения, моделирования и сравнительного анализа уже существующей минерально-сырьевой базы с использованием данных по уже известным и в значительной степени освоенным месторождениям. Однако общей металлогенической характеристики золотоносности отдельных регионов, с выявлением перспектив на тот или иной тип золоторудной минерализации в пределах того или иного сектора Арктической зоны, особенно её восточного фланга, практически нет.

В настоящее время основные работы по металлогеническому изучению восточного фланга Арктической территории ведут коллективы СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан), ИГАБМ СО РАН (г. Якутск), ИГЕМ РАН (г. Москва), отчасти ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) посредством тематических исследований и специалисты Всероссийского геологического института им. А. П. Карпинского путём составления и издания листов Госгеолкарты-1000 третьего поколения. Сводных публикаций о современном состоянии наших знаний о типах золотой минерализации в Арктическом регионе и перспективах новых находок очень немного. Представляемая статья, основу которой составил доклад на XIV международной научно-практической конференции «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов», сделанный 16 апреля 2025 г. на пленарном заседании, является попыткой привлечь внимание к данному вопросу. Базой для изложенных представлений явилось обобщение и ревизия известных опубликованных данных о золотоносности, обзор материалов изданных листов Госгеолкарты-1000 II и III поколений [15–17] с учётом данных Карты полезных ископаемых Республики Саха (Якутия) [23], а так-

же и собственные наблюдения автора в разных секторах Арктического пояса. Объектом такого сопоставления явилась рудная золотоносность арктического побережья Дальнего Востока и прилегающих территорий (от устья р. Лена до мыса Дежнёва) приблизительно не южнее 65° широты.

Автор не ставил перед собой цель детальной характеристики главных типов золоторудной минерализации или месторождений, поскольку для данной территории это сделано в крупных монографических обобщениях [7, 10, 11, 22, 32]. Настоящая статья является попыткой рассмотрения распределения разнотипных месторождений и рудопроявлений золота в разных секторах и структурах восточного фланга Арктического пояса с оценкой их потенциала. Отдельно обращено внимание на возможные перспективы новых для данной территории типов оруденения.

Краткий очерк геологии и металлогении.

В составе рассмотренной территории по комплексу геологических данных [10, 32] выделяются четыре сектора (с востока на запад): Чукотский (до водораздела рек Колыма и Алазея), Улахан-Тасский (между реками Алазея и Индигирка), Куларо-Полоусненский (между реками Индигирка и Лена) и Оленёкский (западнее р. Лена, бассейн р. Оленёк). Геотектоническую основу первых трёх, являющихся предметом статьи, составляют структуры раннемелового Арктического (Олойско-Чукотского) орогенного пояса и северного фланга Верхояно-Колымского орогенного пояса [10, 32]. В их строении принимают участие Чукотский шельфовый террейн и Алазейско-Олойская мозаика (Олойский, Хетачанский, Алазейский) островодужных террейнов и Южно-Аньюнский аккреционный клин для Чукотского сектора, Улахан-Тасский фрагмент Омулёвского террейна, Куларо-Нерский, Полоусненско-Дебинский и Святоносско-Аньюнский террейны для Улахан-Тасского и Куларо-Полоусненского секторов [10, 32]. В их составе проявлены терригенно-карбонатные комплексы палеозоя, терригенно-вулканогенные и терригенные мезозоя, а также кроющие вулканы позднемелового Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса (рис. 1).

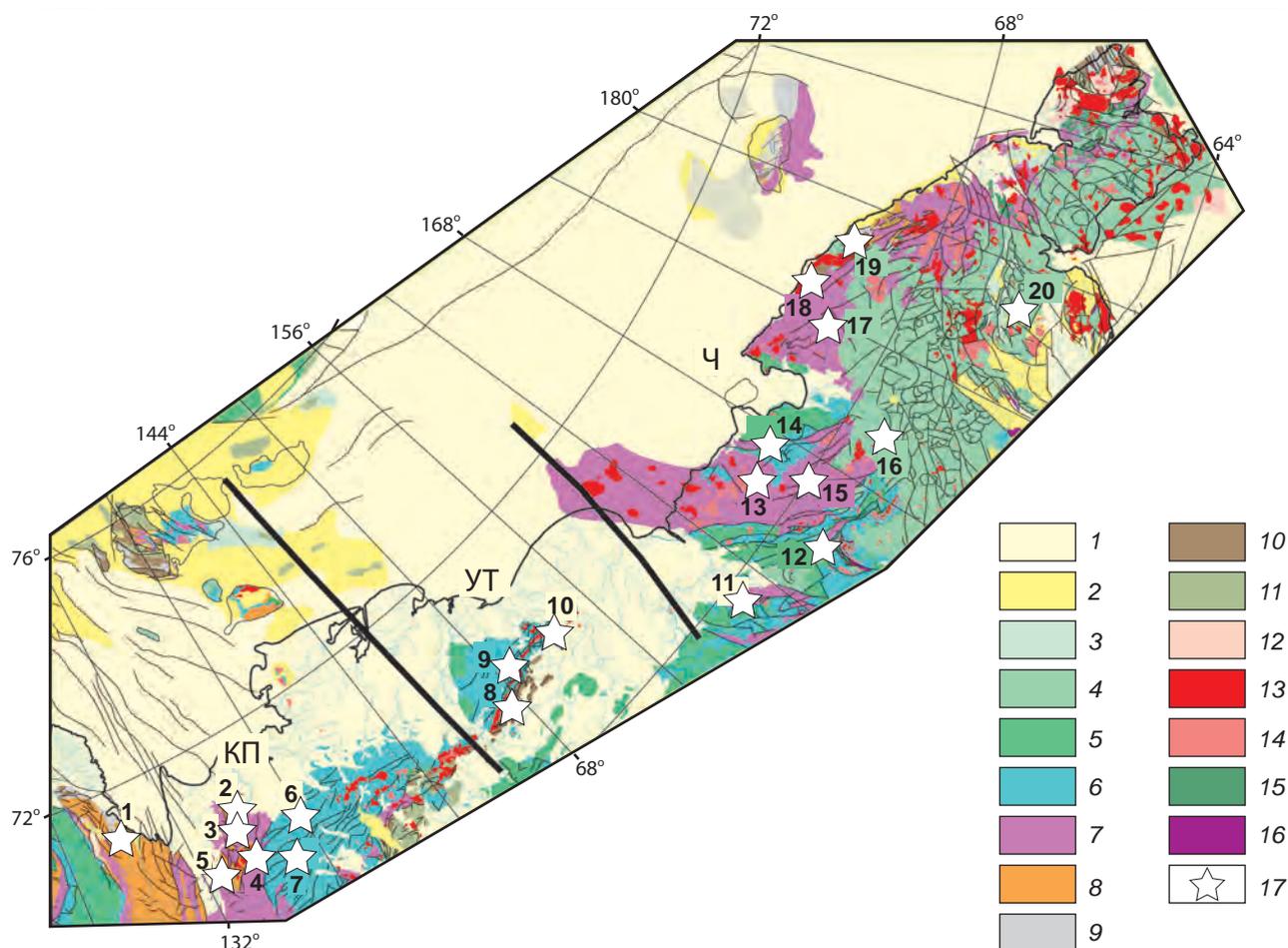


Рис. 1. Распределение охарактеризованных золоторудных объектов по секторам дальневосточного сегмента Арктической зоны (геологическая основа по Геологической карте России м-ба 1 : 5 000 000 ВСЕГЕИ МНР РФ, 2005, с упрощениями):

возраст вулканогенно-осадочных комплексов: 1 – N, 2 – P, 3 – K₂-P, 4 – K₂, 5 – K₁, 6 – J, 7 – T, 8 – P, 9 – C, 10 – D, 11 – PZ₁, 12 – PR₂-PZ₁; plutonic magmatism: 13 – граниты, 14 – гранодиориты, 15 – габбро, 16 – перидотиты; 17 – месторождения золота, рудные поля; сектора Арктической зоны: КП – Куларо-Полоусненский, УТ – Улахан-Тасский, Ч – Чукотский; рудные объекты: 1 – рудное поле Дьянди, 2 – Кыра-Анкучахское, Онкучахское, Альфа, Мастах, 3 – Емельяновское, Бургуат, Новое, 4 – Кючус, 5 – Урасалах, 6 – Марья-Хая, 7 – Мамяджу, 8 – Тугучак, Кандидатское, Арбатское, 9 – Чистое, 10 – Таамар, 11 – Камень Такмыка, 12 – Песчанка, 13 – Алярмаутские джаспероиды, 14 – Эльвенеysкое, Пельвунтыкойнен, 15 – Каральвеем, 16 – Купол, 17 – Майское, 18 – Кусьвеемское рудное поле, 19 – Совиное, 20 – Валунистое

Fig. 1. Distribution of the considered gold ore objects by sectors of the Far Eastern segment of the Arctic zone (geological base is simplified after the Geological Map of Russia, Scale 1:5 000 000, VSEGEI MNR RF, 2005):

Age of volcanogenic-sedimentary complexes: 1 – N, 2 – P, 3 – K₂-P, 4 – K₂, 5 – K₁, 6 – J, 7 – T, 8 – P, 9 – C, 10 – D, 11 – PZ₁, 12 – PR₂-PZ₁; plutonic magmatism: 13 – granites, 14 – granodiorites, 15 – gabbro, 16 – peridotites; 17 – gold deposits, ore fields; sectors of the Arctic zone: КП – Kularo-Polousnensky, УТ – Ulakhan-Tassky, Ч – Chukotsky; ore objects: 1 – Dyandi ore field, 2 – Kyra-Ankuchakh, Onkuchakh, Alfa, Mastakh, 3 – Yemelyanovskoe, Burguat, Novoe, 4 – Kyuchus, 5 – Urasalakh, 6 – Marya-Khaya, 7 – Mamyadzhu, 8 – Tuguchak, Kandidatskoe, Arbatskoe, 9 – Chistoe, 10 – Taamar, 11 – Kamen Takmyka, 12 – Peschanka, 13 – Alyarmaut jasperoids, 14 – Elveneyское, Pelvuntykoinen, 15 – Karalveem, 16 – Kupol, 17 – Mayskoe, 18 – Kusveemskoe ore field, 19 – Sovinoe, 20 – Valunistoe



Магматические и метаморфические производные главного раннемелового события широко распространены во всех секторах и образуют плутонические (гранитоидные) пояса (Олойский, Полоусненский, Улахан-Тасский, Чукотский) и цепь гранитно-метаморфических куполов (с запада на восток): Куларский, Алярмаутский, Велиткенайский, Куэквуньский, Кооленский, Золотогорский), сопровождаемые разнообразным оруденением. Среди продуктов магматизма выделяются геодинамические комплексы: позднепалеозойский субокеанический мафит-ультрамафитовый Алучинский комплекс Чукотского сектора, палеозойские орогенные гранитоиды массива мыса Кибера, позднеюрско-раннемеловые субдукционные вулканоплутонические ассоциации и аккреционно-коллизионные, проявленные во всех секторах, и постаккреционные вулканоплутонические, известные прежде всего на Чукотке и в меньшей степени в других секторах [10, 32].

Общая металлогеническая характеристика рассматриваемых секторов дана нами [13], исходя из концепции металлогенических индикаторов тектонических структур и геодинамических обстановок. Металлогения осадочных бассейнов представлена полиметаллическим стратиформным оруденением, проявленным в силурийских отложениях в бассейне р. Чегитунь в Чукотском секторе. Не исключено также и нахождение такой полиметаллической минерализации в палеозойских карбонатных отложениях Улахан-Тасского террейна в одноимённом секторе. Металлогения субокеаническая представлена хромитовой минерализацией в ультрамафитах Алучинского массива [10, 32], не имеющей в настоящий момент промышленного значения. Металлогения субдукционных вулканоплутонических ассоциаций, которые распространены во всех секторах в разной степени, максимально в Чукотском, в пределах Олойского фланга Алазейско-Олойской мозаики островодужных террейнов, представлена порфировым и эпитегрмальным оруденением. Здесь, в связи с широко известным медно-порфировым месторождением Песчанка, следует обратить внимание на более широ-

кое распространение данного типа минерализации в Чукотском секторе и Куларо-Полоусненском секторе [32]. Кроме того, для магматических производных характерна и эпитегрмальная минерализация, представленная крупным месторождением Купол на Чукотке [35], а также рядом мелких объектов в пределах Улахан-Тасского сектора (Полевая и пр.) [2]. Металлогения аккреционно-коллизионных ассоциаций является определяющей и представлена широким спектром месторождений орогенного золота (Куларо-Полоусненский и Чукотский сектора), золота, связанного с гранитоидами (Куларо-Полоусненский и Улахан-Тасский сектора), олова и редких металлов, ассоциирующих с поздними гранитоидами во всех секторах.

Спецификой, отличающей рассматриваемый сегмент Арктического пояса от окружающих орогенных структур, является широкое распространение изометричных, реже линейных, в разной степени эродированных гранитно-метаморфических куполов (ГМК) [9], с которыми ассоциирует золотое и редкометалльное оруденение [12]. Эти купола возникли на аккреционно-коллизионном этапе раннемелового орогенеза 120–100 млн лет назад. Причём с наименее эродированными куполами (Куларский, Кепервеем-Алискеровские) тесно связаны ареалы орогенного золотого оруденения (золото-кварцевого и золото-сульфидного), реже редкометалльного и золото-висмутитового [12]. Гранитно-метаморфические купола средней степени эродированности (Алярмаутский, Велиткенайский, Куэквуньский, Золотогорский) окружены проявлениями золота орогенного типа и ареалами россыпной золотоносности, а сильно эродированные купола (Кооленский) – безрудные. Возможно, возникновение этих ГМК связано со сдвиговыми движениями финальной стадии раскрытия Канадской котловины. И, наконец, металлогения постаккреционных производных представлена эпитегрмальным золото-серебряным (Валунистое) и ртутным (Палянское) оруденением.

Таким образом, для металлогенического профиля дальневосточной Арктики весьма ха-



рактены благородные металлы и, прежде всего, золото. Они наиболее изучены и представлены на Чукотке и Куларе. Самый крупный действующий объект орогенного золото-сульфидно-вкрапленного оруденения с сопутствующей жильно-прожилковой минерализацией – месторождение Майское с ежегодной добычей золота 4–5 т (АО «Полиметалл»).

Типы и примеры золоторудных объектов.

На основе современных данных золотое оруденение Арктического сектора Дальнего Востока представлено четырьмя типами: золото-кварцевым орогенным, золото-сульфидно-вкрапленным минерализованных зон орогенным, золото-висмутовым (золото-редкометалльным), генетически связанным с гранитоидами, и золото-серебряным эпитегрмальным (Купол, Валунистое). Кроме того, здесь известны представители золото-джаспероидного типа [33], а также золотоносные медно-порфировые объекты в Чукотском секторе, включая крупное месторождение Песчанка [6], а также в Куларо-Полоусненском секторе [32].

Золото-кварцевый орогенный жильный тип широко распространён в пределах Чукотского и Куларо-Полоусненского секторов (см. рис. 1). В настоящее время самые крупные месторождения этого типа находятся в промышленной отработке в Чукотском секторе. Это давно известные средние месторождения Каральвеем и Совиное [7, 11, 23] с нынешней добычей 1–2 т золота в год. Для Куларо-Полоусненского сектора, для Анюйской и Чаунской зон Чукотского сектора известен целый ряд мелких (первые тонны золота – запасы и ресурсы) жильных месторождений, которые имеют хороший потенциал для отработки малыми компаниями при их переходе с россыпедобычи [27, 32]. В то же время в пределах Улахан-Тасского сектора этот тип проявлен в значительно меньших и редких объектах [2].

Золото-сульфидно-вкрапленный тип орогенного оруденения также известен во всех трёх секторах, где выделяются Au-As-сульфидные месторождения минерализованных зон дробления с сопутствующим Sb оруденением (месторождения Майское и Кючюс) и без него (рудопроявление Урасалах) [10, 27, 32]. Ука-

занные месторождения самые крупные в регионе, но если Майское находится в отработке, то Кючюс пока ещё в стадии освоения. Интересно отметить, что вопрос о сурьмяном оруденении Кючюса (около 70 тыс. т Sb, при среднем содержании Sb 0,55 %) в настоящее время снят с повестки освоения как вредная примесь руд золота [15], равно как и неясна судьба заметных объёмов Sb Майского месторождения. Важно то, что при изучении Майского месторождения [7] фактически была прослежена эволюция всех типов золотого оруденения Чукотского сектора. В рудах данного месторождения А. В. Волковым и др. (2001 г.) были выделены следующие минеральные ассоциации: 1 – ранняя дорудная и додайковая метаморфогенного кварца; 2 – ранняя постгранит-порфировая – редкометалльно-кварцевая (кварц, пирротин, халькопирит, касситерит, висмутин, самородный висмут, молибденит, вольфрамит, арсенопирит), сопровождается березитизацией; 3 – основная постдайковая пирит-арсенопиритовая (пирит-As, арсенопирит с тонкодисперсным золотом, серицит, кварц, анкерит), сопровождается серицитизацией, окварцеванием и каолинизацией; 4 – кварц-полисульфидная с серебром (сфалерит, Аг-тетраэдрит, галенит, халькопирит, цинкенин, джемсонит, андорит и самородное золото (789–920 ‰)), она пересекает зоны главной золотоносной ассоциации и нередко ассоциирует с халцедоновидным кварцем, содержащим акантит, миаргирит, фрейбергит и электрум; 5 – поздняя кварц-антимонитовая с крупным самородным золотом (920–950 ‰), халькостибитом, бертьеритом, самородным мышьяком, которая завершает процесс рудообразования. На основании этих данных для руд месторождения была представлена следующая схема рудного процесса [7, с. 74], важная для региональных сопоставлений:

- формирование редкометалльного штокверкового оруденения, связанного с ранними дайками;
- отложение золото-сульфидных вкрапленных руд;
- развитие сульфидно-полиметаллической прожилковой минерализации;



- образование золото-серебряных прожилков;
- формирование антимонит-кварцевой минерализации с самородным мышьяком.

Кроме указанных месторождений известен ряд потенциальных объектов этого типа в Чукотском и Куларо-Полоусненском секторах, рассмотренных ниже.

Для Анюйской зоны Чукотского сектора, судя по данным геологического картирования и по результатам поисково-оценочных работ прошлых лет, большой интерес представляет *Северо-Пельвунтыкойненский рудный узел*, в составе которого выделяется Эльвенеёское рудопоявление и пункты минерализации золота в пределах Эльвенеёского рудного поля как в северной части узла, так и в южной его части [7]. Пространственно они связаны с меловыми интрузивными образованиями раучуанского, кэлильвунского и ичувеевского комплексов [17]. Структурная позиция Эльвенеёского рудного поля определена приуроченностью к зоне Раучуанского разлома. Положение кварц-серицитовых метасоматитов, вмещающих золоторудную минерализацию, контролируется дайками диоритовых порфиров ичувеевского комплекса. В пределах рудного поля *рудопоявление Эльвенеёское* золото-сульфидного типа (Au-As-Sb) ассоциирует с проявлениями золото-висмутитового и вольфрамового оруденения. По данным поисково-оценочных работ, минерализация образует ареал – главную субмеридиональную рудную зону (2–2,5)×1 км. Рудные тела типа минерализованных зон дробления и смятия с линзовидными телами кварцевых (с кальцитом и серицитом) брекчий локализованы в юрской терригенной толще, ориентированы по простиранию главной зоны и расположены на расстоянии 80–100 м друг от друга. Главные рудные минералы пирит и арсенопирит с тонкодисперсным золотом образуют вкрапленность и гнёзда в кварце и метасоматитах, в меньшей степени развиты антимонит и самородное золото, редко халькопирит, глаукодит, сфалерит и пирротин. Согласно [18], промышленные сечения (1–1,7 м) установлены по трём рудным телам с содержаниями: Au 13–

18 г/т, Ag 1,9–5,8 г/т, As до 1 %, Sb 0,05–1,0 %, Cu 0,016 %. Рудные тела прослежены до глубины 100 м при максимальных содержаниях Au на метровые сечения до 24,5–23,9 г/т. Золото в руде в основном мелкое и тонкодисперсное, большая часть содержится в пирите и арсенопирите, вследствие чего руды труднообогатимы и трудноизвлекаемы. Но поскольку по геолого-промышленному типу (золото-сульфидный с тонкодисперсным золотом) данный объект – очень близкий аналог разрабатываемого месторождения Майское, это их свойство не является проблемой. Прогнозные ресурсы объекта по категории P₂ составляют 59,4 т золота [18]. Здесь следует отметить, что такая оценка была дана по работам ещё советского периода, когда экономика золота была совсем другая, да и подходы к оценке содержания. В настоящее время данный объект требует переоценки ресурсов.

В пределах Куларского поднятия также известны слабо изученные *Кыра-Онкучахское* и *Онкучахское рудопоявления* на его северном фланге [15, 29]. Они локализованы в терригенно-углеродистых пермских отложениях в зоне крупного разлома, ограничивающего с севера это поднятие. Руды представлены минерализованными (вкрапленность пирита и арсенопирита, кварц-сульфидные прожилки) зонами смятия и дробления как секущего, так и субслоистого типа. Рудные минералы – арсенопирит, пирит, пирротин, в подчинённом количестве проявлены галенит, халькопирит, сфалерит, сульфосоли, образующие позднюю ассоциацию. Содержание сульфидов в рудах достигает 10–15 %. Золото преимущественно тонкодисперсное в арсенопирите и пирите; в поздней ассоциации – самородное, мелкое.

Одним из перспективных объектов данного типа является *проявление Урасалах (Центральное)*, расположенное на юго-западном фланге Куларского поднятия [15, 27, 29]. Здесь, по данным бурения, среди сульфидизированных (арсенопирит и пирит) алевролитов и аргиллитов туогучанской свиты выделены четыре согласно залегающих рудных тела, представленных карбонатно-кварцевыми и суль-



фидно-кварцевыми прожилками с ореолами арсенопиритизации вмещающих пород. Контуры рудных тел определяются только по результатам опробования. Содержание арсенопирита в кварце обычно не более 3–5 % (до 10–15 %), во вмещающих породах 1–2 %. Постоянно отмечается пирит, реже встречаются пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, антимонит, киноварь. Протяжённость субсогласных пологопадающих рудных тел достигает 300 м, при мощности 1–15 м, при содержаниях Au 0,34–6,3 г/т (среднее содержание 1–1,5 г/т на среднюю мощность 5–7 м). Следует обратить внимание на золотоносность (0,15–0,46 г/т) межрудного пространства [15]. Прогнозные ресурсы категории P_2 , по данным этого источника, 27,5 т. Необходимо также отметить, что рудовмещающие породы Куларского поднятия обогащены редкоземельной минерализацией, представленной куларитомонацитом, который может оказаться полезным сопутствующим минералом руд.

Кроме указанных примеров отмечу минерализованные зоны смятия в Хараулахском поднятии, где известны высокие содержания Au [29]. Здесь, в *рудном поле Дьянды* [23] выявлен ряд зон смятия и кварцевого прожилкования шириной до 100 м при длине до 700 м, в которых выделяются рудные тела мощностью первые метры и протяжённостью до 120 м со средними содержаниями Au в 12 г/т (124 пробы) [29]. Интересно, что, по данным этих авторов, в окварцованных пермских битуминозных глинистых сланцах с фосфоритами без видимой сульфидизации содержится 0,5–8,0 г/т Au, а в самих битумах – 51 г/т.

Из потенциально интересных объектов данного типа следует также отметить слабо изученное *рудное проявление Таамар* восточного фланга Улахан-Тасского сектора [26, 27]. Оно расположено в северо-восточном экзоконтакте одноимённого массива лейкократовых гранитов гранит-лейкогранитовой формации [2], прорывающего вулканогенно-осадочную толщу ранне-среднеюрских пород (основание – риодацитовые вулканы, центральная часть – толща углистых и сульфидизированных алевролитов и аргиллитов, верхи – песчаники).

Минерализация контролируется субширотными зонами трещиноватости, фиксирующими зону влияния крупного Абыйского разлома. В составе рудопроявлений поисковыми работами выявлены широкие (до 150–500 м) зоны дробления и кварцевого прожилкования, сопровождаемые окварцеванием и пиритизацией вмещающих (иногда ороговикоманных) углистых аргиллитов и алевролитов. Мощность таких зон достигает 20 м. По простиранию они прослежены до 4 км. Руды подвержены заметному окислению, в них преобладают лимонит и пирит, реже встречаются халькопирит, арсенопирит, галенит, антимонит, мелкое (доли миллиметра) самородное золото. Содержание Au варьирует от 1 до 29 г/т (есть сечения 5–20 м при средних содержаниях 5–7 г/т), As – 0,1 %, Bi – 0,02 % [19]. Общие прогнозные ресурсы оценены в 250 т [26].

Известные месторождения **золото-висмутового** (золото-редкометалльный или гранитоид-релейтед) типа (табл. 1) рудной минерализации (Кандидатское, Чистое, Пельвунтыкойнен и др.) распространены во всех трёх секторах дальневосточного сегмента Арктической зоны. Однако заметную роль они всё же играют в пределах Улахан-Тасского сектора, где представлены двумя генетическими типами – гидротермальных кварцевых жил и скарнов [2].

В Куларо-Полоусненском секторе примером жильного типа оруденения является *рудное проявление Новое*, находящееся в истоках р. Кыллах, правого притока р. Омолой, и локализованное в поле контактово-метаморфизованных терригенных пород туогучанской свиты перми над нескрытым массивом гранитоидов куларского комплекса [15]. Рудные тела представлены многочисленными минерализованными зонами дробления и кварцевыми жилами с вольфрамитом и арсенопиритом небольшой протяжённости (20–275 м) и мощностью 0,45–4,6 м. Рудные минералы: арсенопирит, вольфрамит, шеелит, пирит, касситерит, висмутин, галенит, молибденит, халькопирит, висмут самородный, теллуровисмутин, золото самородное. Золото ассоциирует с висмутином, тонкодисперсное золото уста-

Таблица 1. Изотопный состав серы сульфидов золоторудных месторождений дальневосточного сектора Арктики

Table 1. Isotopic composition of sulfur of sulfides from gold ore deposits in the Far Eastern sector of the Arctic

Месторождение	Тип	Минерал	$\Delta^{34}\text{S}$, ‰	Сектор (зона)
Каральвеем	золото-кварцевый	Арсенопирит, пирит, галенит	-7,5÷-11,7 (23)	Чукотский (Анъюская)
Иннах	медно-порфировый	Пирит	-3,1	
Совиное	золото-сульфидно-кварцевый	Арсенопирит, пирит, галенит	-0,7÷-4,8 (5)	Чукотский (Чаунская)
Майское		Галенит	-2,8÷-1,5 (4)	
		Антимонит	-5,8÷-13 (17)	
Валунистое	золото-серебряный	Пирит, сфалерит	-3,3÷-3,4 (2)	
Кандидатское, Хоспокчан, Арбатское	золото-висмутовые скарны	Арсенопирит	-6,6÷-10,7 (17)	Улахан-Тасский
Чистое, Тугучак	золото-висмутовые жилы	Арсенопирит	-7,4÷-10 (8)	
		Молибденит	-6÷-7,2 (4)	
Полевая	золото-серебряный	Пирит, арсенопирит	-0,7÷+3,5 (7)	
Поздний эпитеpмальный	золото-серебряный	Пирит	-9,6	

Примечание. Майское, галенит – по [6], остальное – данные автора (Аналитический центр ДВГИ ДВО РАН, г. Владивосток, аналитик Т. А. Веливецкая). В скобках количество проанализированных проб.

новлено в пирите и арсенопирите. Содержание WO_3 варьирует от 0,31 до 2,18 %, содержание Au 0,1–3 г/т, Ag 10–20 г/т, Sn 0,03–0,16 %, Bi до 0,9 %, As более 1,0 %.

Среди месторождений Улахан-Тасского сектора выделяются два месторождения жильного типа *Тугучакское* и *Чистое* [2, 12]. Первое локализовано в апикальной части Улахан-Сисского гранитоидного массива, второе в апикальной части его апофизы среди юрских алевролитов. Это типично кварцево-жильный тип с ранней вольфрамит-молибденитовой и поздней золото-мышьяк-висмутовой минерализацией, сопровождавшейся процессами грейзенизации. Различаются они только по разной концентрации Mo (Тугучак) и W (Чистое) и характеризуются невысокими (2–3 до 10 г/т) содержаниями Au и повышенным (до 0,н %) Bi. Количество рудных минералов составляет первые проценты. Ранее одна из жил Тугучакского месторождения была разведана на молибден. В пределах Чистого ру-

допроявления помимо кварцевых жил с W-Au-Bi минерализацией относительно широко распространены минерализованные зоны дробления (0,2–2 г/т Au) с сульфидной (пирит, пирротин, халькопирит) минерализацией, с повышенной концентрацией W и Bi (0,н %).

Аналогичная золото-висмутовая минерализация отмечена и в пределах Чукотского сектора (рудопроявления Пельвунтыкойнен, Туманное и пр.). В качестве примера приведём характеристику *рудопроявления Пельвунтыкойнен* [18, 20, 25]. Оно расположено в южной части рассмотренного выше Северо-Пельвунтыкойненского рудного узла, где приурочено к экзоконтактовой части Пельвунтыкойненского массива в верховьях р. Пельвунтыкойнен. Здесь в апофизе гранитов и ороговикованных глинистых сланцах мачваваамской свиты локализовано несколько пологопадающих кварцевых жил и прожилков мощностью до 0,5 м и протяжённостью до 200 м. В совокупности они формируют две жильно-прожил-



ковых зоны протяжённостью до 300 м и штокверк 300 × 500 м. В жилах, помимо кварца, отмечены турмалин и кальцит. Рудные минералы (1–4 %) представлены самородными золотом и висмутом, висмутином, тетрадимитом, арсенопиритом, пиритом и халькопиритом, отмечен шеелит. Частицы самородного золота (756–820 ‰) имеют небольшие размеры (0,04–0,03 мм, иногда до 0,15 мм). Содержание Au по данным бороздowego опробования достигает 6,2–14,6 г/т, W – 0,1–0,5 %, Bi – 0,1 %.

Как уже отмечено ранее, помимо жильного типа в Улахан-Тасском секторе известны небольшие золото-скарновые месторождения [2, 12]. Из них наибольшей известностью пользуются *Кандидатское* и *Арбатское месторождения*, расположенные в центральной части хребта Улахан-Тас в контакте известковистых алевролитов пермо-триасового возраста с гранодиоритами Улахан-Тасского массива [2]. Они представлены крутопадающими линзовидными телами арсенопирит-кобальтин-лёллингитового состава протяжённостью до 100 м при мощности до 10 м, локализованными среди пироксеновых и пироксен-гранатовых скарнов. Руды вкрапленные с линзами сплошных сульфидных агрегатов протяжённостью до 50 м при мощности до 4 м. Кроме них выделяются также мощные (до 50 м) и протяжённые (до 1200 м) минерализованные зоны дробления. Основными рудными минералами являются арсенопирит, лёллингит, пирротин. Реже встречаются пирит, халькопирит, шеелит, кобальтин, молибденит, сфалерит, галенит, висмутин, самородный висмут. Золото очень мелкое (98 % золотин размером менее 0,08 мм), редко до 0,5–0,8 мм, образует вкрапленность в лёллингите и арсенопирите, реже в кварце, где образует срастания с галенитом и минералами висмута. На Кандидатском месторождении выделяется две генерации золота [2]: ранняя связана с арсенопиритом и лёллингитом, пробность 928–957 ‰; поздняя ассоциирует с самородным висмутом и галенитом, пробность 780 ‰. Пробность золота Арбатского месторождения 890 ‰. В руде содержания Au 0,2–42,6 г/т, Co 0,03–2,0 %, Mo 0,01–0,24 %, Bi 0,03–0,11 %. В минерализованных зонах содержания Au 0,1–1,4 г/т (пробирный анализ). По данным

поисково-разведочных работ, запасы золота в рудах Кандидатского месторождения оценены в 0,84–3,6 т при средних содержаниях 7,3–8,8 г/т, запасы Co составили 335–614 т при среднем содержании 0,308 %.

Золото-серебряное эпитеpмальное оруденение представлено широко известными в Чукотском секторе месторождениями Купол и Валунистое, которые охарактеризованы в серии публикаций [10, 35]. Более того, этот тип минерализации был впервые в регионе выделен и охарактеризован А. А. Сидоровым именно на примерах Чукотского сектора в 1966 г. и дополнительно представлен в более поздних публикациях [7, 10]. Здесь важно отметить, что месторождения несколько различаются по возрасту: оруденение Купола датируется 94–95 млн лет, а Валунистого – 66 млн лет, хотя оба относятся к типу низкосульфидированного эпитеpмального оруденения. В настоящее время на юге Чукотского сектора силами АО «Полюс» оценивается золото-серебряный объект нового высокосульфидированного типа [31], что, несомненно, привлечёт внимание к потенциалу эпитеpмального оруденения в регионе.

Помимо этого, следует вспомнить о проявлениях эпитеpмальной минерализации в пределах Куларского поднятия (рудопроявления Альфа и Мастах) [24, 28, 29], которые составителями карт отнесены к «серебро-золоторудным и золоторудным объектам золото-кварцевой формации, главными рудными минералами которых являются арсенопирит и пирит» [15]. Судя по имеющимся описаниям [24, 28], на севере Куларского поднятия широко распространены именно эпитеpмальные золото-серебряные объекты, которые требуют доизучения, поскольку они перекрыты кайнозойскими отложениями и их оценивали как жильные золото-кварцевые. Параметры оруденения *рудопроявления Альфа* (рудная зона Альфа [28]) – около 3 км по протяжённости при мощности 7–15 м. В зоне Альфа локализована серия кварцевых жил и зон штокверкового прожилкования, в которых доля сульфидной массы достигает 40 %, а содержание Au и Ag в них составляет 25–30 г/т и 3 кг/т, что указывает на столбовое распределение ме-

таллов. Разведкой выделено два таких столба с параметрами $25 \times 6 \times 50$ м. По мнению И. Я. Некрасова [28], на протяжении 3 км вся рудная зона является рудным телом с таким столбовым распределением металлов. В руде сочетаются две минеральные ассоциации: ранняя кварц-пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом (содержание в пирите 120–4000 г/т, в арсенопирите 320–2000 г/т) с обильным углистым веществом и поздняя халцедоновидного до гребенчатого кварца с кристаллами галенита, сфалерита, халькопирита, блёклой руды, пираргирита, миаргирита, науманита, агвиларита, кюстелита и самородного серебра [28]. Их особенностью является повышенный фон Hg, вплоть до образования ртутных минералов Ag (амальгама и конгсбергит), а также широкое распространение минералов Au (самородное золото, кюстелит, айтенбогардит, петровскаит) [28].

Таким образом, месторождения Альфа и Мастах обладают всеми признаками рудной системы Майского месторождения. Прежде всего, это протяжённые зоны смятия и сульфидной вкраплено-прожилковой минерализации с характерным столбовым распределением. Они располагаются на удалённом фланге крупного интрузивно-купольного поднятия одновозрастного с Кукенейским массивом одноимённого интрузивно-купольного поднятия. Это обусловило отсутствие в рудных зонах ранней редкометалльной ассоциации и преобладание пирита над арсенопиритом в главных рудах прожилково-вкрапленного типа, так же, как и на Майском, обогащённых углеродистым веществом. Пирит и арсенопирит этих объектов, как и на Майском месторождении, содержат высокие концентрации тонкодисперсного золота [28]. Важной особенностью руд месторождений Альфа и Мастах является присутствие жилообразных тел риолитов, с которыми ассоциирует золото-серебряное с сурьмой оруденение эпитермального типа с низкопробным (532–573 ‰) самородным золотом [24, 28].

В пределах Улахан-Тасского сектора также есть находки отдельных жил халцедоновидного кварца с арсенопиритом, пиритом, галенитом и сфалеритом, рассекающих ору-

денелые скарны Кандидатского месторождения, гранитоиды Улахан-Тасского плутона и ассоциирующих с поздними дайками риолитов [2].

Кроме упомянутого выше нового HS-типа эпитермального оруденения следует обратить внимание и на *золото-джаспероидный* тип малоглубинной золоторудной минерализации, известный на Алярмаутском поднятии западного фланга Чукотского сектора [33]. Здесь в бассейне р. Люпвеем на восточном фланге раннемелового гранитно-метаморфического купола, охарактеризованного М. Л. Гельманом [9], в зоне контакта горизонта раннекарбонатовых известняков с перекрывающей толщей углисто-глинистых сланцев пермо-триасового возраста, насыщенных межпластовыми залежами раннетриасовых габброидов, выявлены пологопадающие пластовые залежи джаспероидов с сульфидной минерализацией (рис. 2). Обычно они имеют мощность 1–4 м и располагаются под экраном углисто-глинистых сланцев или в прикровельной части известнякового горизонта. Протяжённость участков окварцевания таких известняков достигает 1 км (см. рис. 2). Джаспероиды представлены гранобластовым агрегатом кварца (80–95 %) с примесью углистого вещества (до 2–3 %), мусковита (до 2 %) и сульфидов (1–10 %), среди которых установлены сфалерит, галенит, пирит, марказит, арсенопирит, халькопирит. Они формируют три минеральных ассоциации: ранняя галенит-сфалеритовая с пиритом-1, затем пирит-кварцевая и поздняя марказит-арсенопиритовая. В составе арсенопирита постоянно присутствует примесь Sb (0,1–5,8 %). В джаспероидах отмечены аномальные концентрации Pb до > 1 %, Zn до 1 %, Sb до 410 г/т, As 100 г/т, Au 0,07–21,4 г/т, Li до 165 г/т. Макроскопически джаспероиды часто неотличимы от обычных известняков и различаются лишь по твёрдости. Это оруденение весьма слабо изучено, однако, судя по распространению карбонатных пород среднего палеозоя в пределах известных гранитно-метаморфических куполов, рудные объекты такого типа могут быть встречены не только на флангах Алярмаутского поднятия [33], но и в Киберовском

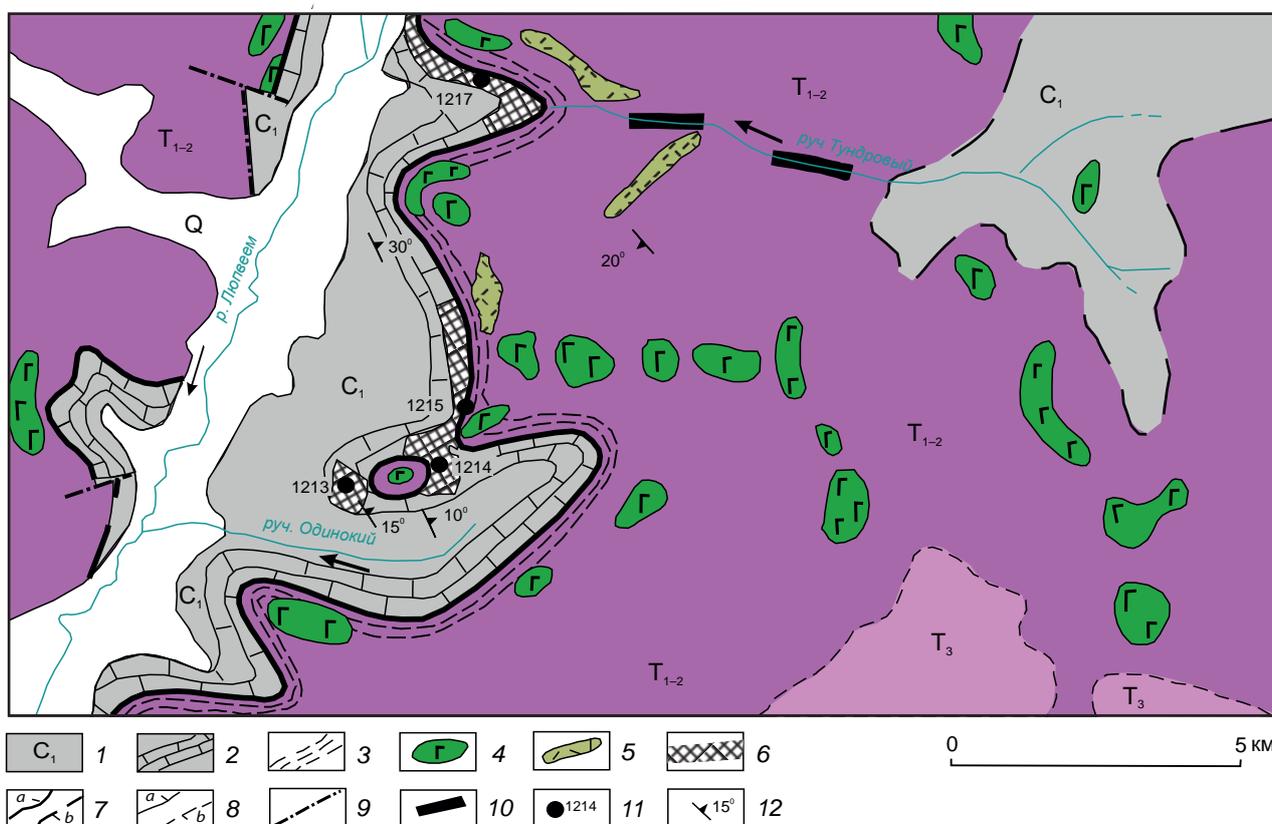


Рис. 2. Геологическое строение Алярмаутского рудпроявления золото-джаспероидного типа (по [33]):

1, 2 – терригенная толща (1), горизонт известняков (2), C_1 ; 3 – сланцевый горизонт и песчано-алевролитовые отложения, T_{1-2} ; 4 – субпластовые тела габброидов, T ; 5 – дайки риолитов и гранит-порфиров, K ; 6 – залежи джаспероидов; 7 – граница между палеозойскими и мезозойскими отложениями: a – установленная, b – предполагаемая; 8 – прочие границы геологических тел: a – установленные, b – предполагаемые; 9 – разломы; 10 – россыпи золота; 11 – точки наблюдения и их номера [33]; 12 – элементы залегания пород

Fig. 2. Geological map of the Alyarmaut gold-jasperoid ore occurrence (after [33]):

1, 2 – terrigenous sequence (1), limestone horizon (2), C_1 ; 3 – shale horizon and sandy-siltstone deposits, T_{1-2} ; 4 – gabbroid sublayered bodies, T ; 5 – rhyolite and granite-porphyrus dikes, K ; 6 – jasperoid deposits; 7 – boundary between the Paleozoic and Mesozoic deposits: a – established, b – inferred; 8 – other boundaries of geological bodies: a – established, b – inferred; 9 – faults; 10 – gold placers; 11 – observation points and their numbers [33]; 12 – rock bedding attitudes

выходе палеозоя (см. рис. 1) в пределах Кусьвеевского рудного поля [5]. Здесь известны штокверковые и брекчиевые рудные тела (с содержаниями не более 3 г/т) и стратиформные жилы кварца (до 15 г/т) с примесью сульфидов (пирит, пирротин, халькопирит, галенит) и мелким (доли миллиметра) самородным золотом с пробностью 820 ‰. Кроме них тут отмечены зоны и брекчии окварцованных известняков мощностью до 100 м, песчаников и сланцев палеозоя, рассечённых кварцевыми

и кварц-карбонатными жилами мощностью до 0,8 м [21], в которых возможны золотоносные джаспероиды.

Золотосодержащий медно-порфировый тип рудной минерализации представлен крупным месторождением Песчанка в Баимском рудном узле западного фланга Чукотского сектора и не оценёнными рудопроявлениями Камень Такмыка, Мамяджу и пр. [6, 26]. Если Камень Такмыка находится в районе, где порфировые объекты довольно широко распро-

странены [6], то Мамяджу и ряд других объектов расположены в Куларо-Полоусненском секторе и внимания исследователей не привлекали. Кратко охарактеризуем потенциально интересные рудопоявления.

Рудопоявление горы Камень Такмыка расположено в Иннахском рудном узле, известном своими россыпями и мелкими рудопоявлениями золота, их коренными источниками [14], локализованными на флангах Иннахского поднятия, в центре которого прогнозируется медно-порфировая система (рис. 3). Она представлена штокверковой халькопирит-молибденит-кварцевой минерализацией 0,5 км², сосредоточенной в кварцевых монзонитах апикальной части рудоносного интрузива. В прожилках содержится вкрапленность и гнезда халькопирита (до 15 %), в поздних карбонатных жилах установлены почковидные агрегаты самородного мышьяка. Содержание Cu варьирует от 0,05 до 1 %.

Рудопоявление Мамяджу расположено в западном экзоконтакте Балаганнахского массива раннемеловых гранодиоритов [15, 30] на южном склоне Полоусненского хребта к востоку от Куларского поднятия (см. рис. 1). В его составе выделены: зона дробления с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией северо-западного простирания протяженностью 1,5 км при ширине первые десятки метров (руды сильно окислены и представлены хальконтитом, халькозином, купритом, при подчинённой роли первичных минералов – пирита, арсенопирита, халькопирита; по данным анализа бороздовых проб, в таких рудах содержится: Cu 1,0–17,2 %, Au 0,2–1,8 г/т, As до 1 %); первичная рудная минерализация в гранодиоритах массива в виде штокверка кварцевых с халькопиритом прожилков с содержаниями Cu до 1,5 %. Предполагаемые прогнозные ресурсы меди оценены в 0,5 млн т.

Возможно, к этому типу относятся слабоизученные рудопоявления Марья-Хая и Берендей (см. рис. 1) [30, 32]. *Рудопоявление Марья-Хая* локализовано в роговиках по юрским песчаникам в экзоконтакте одноимённого гранитоидного плутона, представленного в современном эрозионном срезе небольшими

по площади выходами гранодиорит-порфировых интрузивов с телами флюидоэксплозивных брекчий, площадь выхода которых составляет около 0,2 км². В брекчиях отмечаются интенсивная сульфидизация, биотитизация, лимонитизация и сульфидно-кварцевые прожилки. Прожилки образуют две системы: северо-западной ориентировки с золото-висмутовым оруденением и разноориентированные с медно-золотым оруденением. Общая площадь штокверков 2,5 × 1,5 км [30]. Содержание сульфидов варьирует от 2–3 до 15–20 %. Рудные минералы представлены арсенопиритом, халькопиритом и пиритом, менее распространены пирротин, борнит, вольфрамит, галенит. Из вторичных минералов отмечаются гётит, скородит, халькозин, ковеллин. В бороздовых пробах отмечены Cu (0,05–0,86 %) и As (0,1–1,0 %), Au (в брекчиях 0,08–1,93 г/т, а в сульфидно-кварцевых прожилках до 7,27 г/т). Кроме того определены: Ag до 835 г/т, Cu 0,04–1,8 %, W 0,16–0,7 %, Pb 2,3 %, Bi 3,6 %, Sb 0,56 %, редкие земли 0,01–0,05 %. Ресурсы меди оценены в 155 тыс. т, золота в 15 т [15]. Однако на типизацию рассмотренных руд имеется и иная точка зрения [15], согласно которой их следует относить к IOCG типу Au-Cu месторождений.

Обсуждение. Таким образом, золотое оруденение в пределах рассматриваемых секторов Арктики представлено золото-кварцевым жильным, золото-сульфидно-вкрапленным зонсматия и дробления, золото-висмутовым (золото-редкометалльным) жильно-прожилковым и скарновым, малоглубинными золото-джаспероидным и эпитезмальным золото-серебряным, а к золотоносным следует относить медно-порфировый тип. Все они в той или иной степени проявлены во всех рассмотренных секторах, известны давно, но не всем было уделено внимание при прогнозно-поисковых работах и при оценке перспектив. Исходя из представленных данных, можно сказать, что мы имеем хороший потенциал как среди давно известных типов, так и среди ранее не рассматривавшихся. В частности, весьма благоприятны на выявление крупных объектов майского типа месторождения Мастах, Альфа, Он-

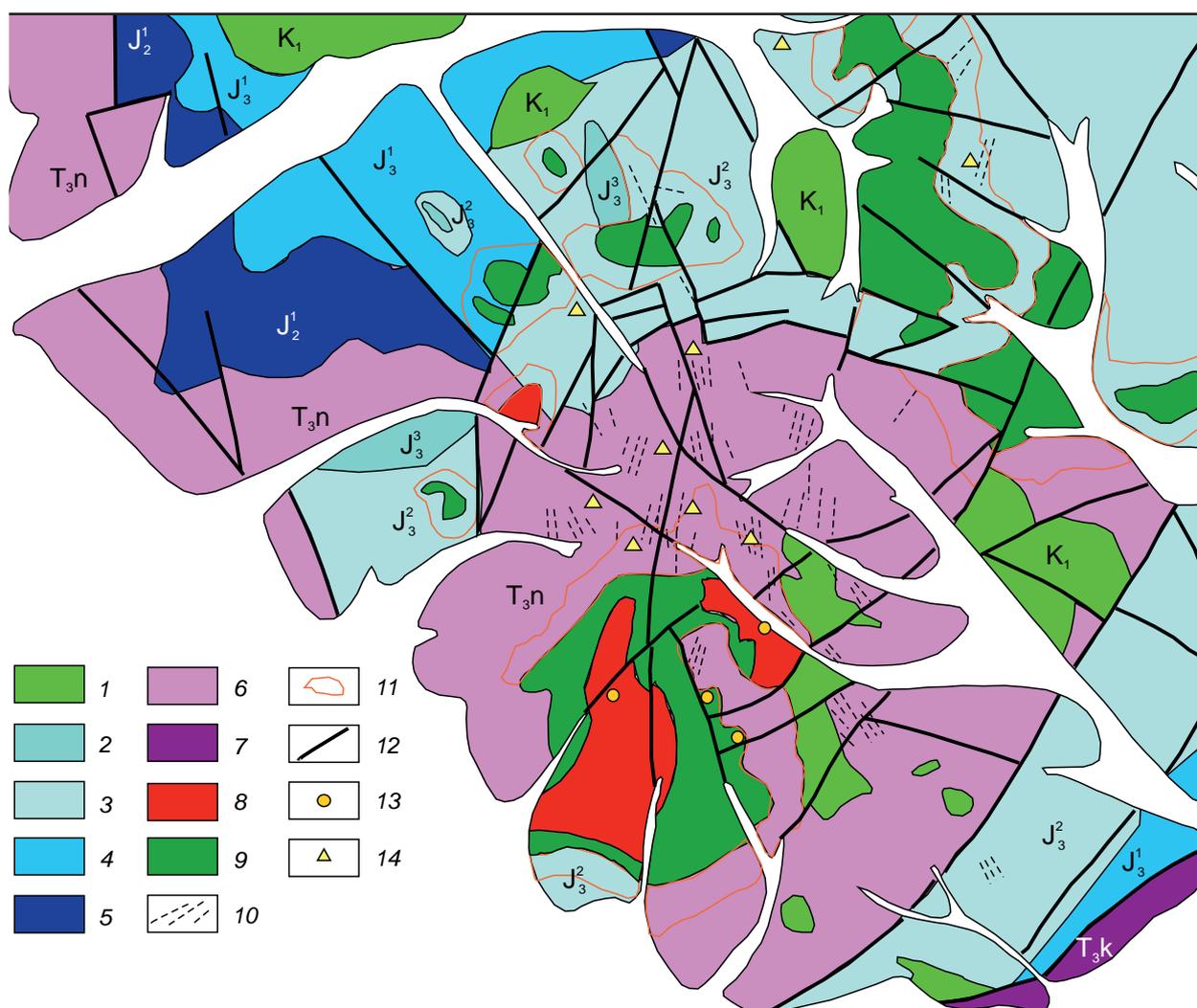


Рис. 3. Геологическое строение Иннахского рудного узла с медно-порфировым оруденением (основа, по [14]): 1 – K_1 ; 2–4 – J_3 (2 – верхи, 3 – середина, 4 – низы); 5 – J_2 ; 6, 7 – T_3 (6 – норий, 7 – карний); интрузивные породы: 8 – граносиениты, 9 – габбро-монзониты, 10 – дайки; 11 – контуры ороговикования вмещающих пород; 12 – разломы; минерализация: 12 – золото-сульфидно-кварцевая, 13 – медно-порфировая

Fig. 3. Geological map of the Innakh ore cluster with porphyry copper mineralization (geological base is after [14]): 1 – K_1 ; 2–4 – J_3 (2 – upper, 3 – middle, 4 – lower); 5 – J_2 ; 6, 7 – T_3 (6 – Norian, 7 – Carnian); intrusive rocks: 8 – granosyenite, 9 – gabbro-monzonite, 10 – dikes; 11 – hornfelsing contours of the host rocks; ore mineralization: 12 – gold-sulfide-quartz, 13 – porphyry copper

кучанское северного обрамления Куларского купола, Таамарское Улахан-Тасского сектора, Эльвенеиское на Чукотке. Следует провести оценку перспектив золото-джпаспероидного и медно-порфирового типов. Но всё это требует разработки специальной программы в рам-

ках прогнозно-минерагенических исследований на ближайшие годы.

Если говорить о генезисе оруденения, то обращает на себя внимание разный характер распределения выделенных типов. Так, золото-редкометалльные типы распространены

Таблица 2. Эндогенная история золотоносности рассмотренных секторов дальневосточного сегмента Арктики

Table 2. Endogenous history of gold-bearing potential of the considered sectors of the Far Eastern segment of the Arctic

Чукотский сектор	Улахан-Тасский сектор	Куларо-Полоусненский сектор
Гранитоиды I-типа (148–140 млн лет)	Гранитоиды I-типа (135–130 млн лет)	140–130 млн лет
Медно-порфировое оруденение $\delta^{34}\text{S}$ пирита 3,1 ‰ (1)	Золото-серебряная- минерализация $\delta^{34}\text{S}$ пирита -0,7÷+3,5 ‰	Медно-порфировое оруденение
Гранитоиды I-типа (123–112 млн лет), гранит-метаморфические купола (130–95 млн лет)	Гранитоиды I-типа (128–115 млн лет)	Гранитоиды I-типа (130–115 млн лет), гранит-метаморфический купол (120–100 млн лет)
Золото-кварцевые жилы (123–96 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ арсенопирита -7,5÷-11,1 ‰ (14)	Золото-висмутый тип (124 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ арсенопирита -6,6÷-10,7 ‰	Золото-кварцевый тип (?)
Золото-висмутый тип (115–105 млн лет)		Золото-висмутый тип (120 млн лет)
Гранитоиды IS-типа (112–100 млн лет)	Гранитоиды IS-типа (110–90 млн лет)	Гранитоиды IS-типа (115–102 млн лет)
Золото-сульфидный тип (106–97 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ арсенопирита -0,7÷-2,4 ‰, антимонита -5,8÷-13 ‰	Золото-сульфидный тип (?)	Золото-сульфидный тип (?)
Риолит-порфировые дайки (115–97 млн лет)		Риолит-порфировые дайки (?)
Золото-серебряное-оруденение (95–93 млн лет) $\delta^{34}\text{S}$ пирита -3,3 ‰	Золото-серебряное- оруденение (?) $\delta^{34}\text{S}$ пирита -3,1 ‰	Золото-серебряное оруденение (?)

Примечание. Использованы данные [1, 7, 15, 16, 22, 34]

равномерно от Кулара до Чаунской зоны, а золото-кварцевые и золото-сульфидно-вкрапленные проявления дискретно в Кулар-Полоусненском и Улахан-Тасском секторах и максимально в Чукотском. В значительной степени это, по всей видимости, обусловлено генетическими связями этих типов с процессами метаморфизма и гранитоидного магматизма. Сопоставление эндогенной истории рассмотренных секторов (табл. 2) показало общность в последовательности формирования магматитов, гранитно-метаморфических куполов и руд, что позволяет говорить об их образовании в результате единого орогенного события – становления Арктического (Олойско-Чукотского) орогенного пояса, которое завершилось формированием разнотипного золотого оруденения.

О генетической общности оруденения свидетельствуют и изотопно-геохимические данные, указывающие на коровое происхождение

минерализации (см. табл. 2). Так, сходство изотопного состава серы орогенных месторождений золота (Каральвеем, Майское) с разновозрастными гранитоидными месторождениями (Кандидатское, Чистое и пр.) позволяют предполагать общность корового источника серы для них и связь их с раннеорогенным этапом аккреционно-коллизийного магматизма. А относительно тяжёлая ювенильная сера, характерная для минералов вулканогенных месторождений позднеюрского и мелового возраста, обусловлена их общей субдукционной природой.

Закключение. Таким образом, металлогенический профиль Арктической зоны ДВ ФО определяется процессами мелового тектонического орогенеза в Арктическом (Олойско-Чукотском) орогенном поясе аккреционно-коллизийной природы [10]. Это обусловило существование коровый тип металлогении (Au-W-Sn)



и ведущую роль плутоно-метаморфической и плутонических магматогенных моделей разнообразной минерализации, которые и определили главные типы оруденения: золото-рудные орогенные, золото-висмутовый, джаспероидный и эпитермальный, а также медно-порфиновые, которые распространены шире и отмечены за пределами Олойской зоны Чукотского сектора.

В настоящий момент кроме известных золоторудных (Майское, Купол, Валунистое, Каральвеем) и медно-порфиновых (Песчанка) объектов, потенциально промышленный интерес в связи с развитием Северного морского пути могут представлять относительно

небольшие золото-висмутовые объекты, объекты джаспероидного типа, порфинового типа и орогенные месторождения Кулара и Эльвенейское проявление. Но это получит движение, на мой взгляд, только при запуске Кючюса, Баимки и крупнейших олово-редкометалльных месторождений: Депутатское (с запасами ~ 275 тыс. т Sn), Пыркакай (~ 200 тыс. т Sn) и Светлое – (W, Sn, Be), развитие которых придаст мощный толчок поисково-оценочным работам.

Статья подготовлена в рамках госзадания СВКНИИ ДВО РАН, тема № 121031700301-5 и НОЦ «Север: территория устойчивого развития», проект 3.

Список литературы

1. Акинин В. В., Ползуненков Г. О., Готтлиб Э. Ш., Миллер Э. Л. Меловой монзонит-гранит-мигматитовый велиткенайский комплекс: петрология, геохимия пород и циркона (U-Pb, Hf и O) в приложении к реконструкции эволюции магматизма и континентальной коры в блоке Арктическая Аляска–Чукотка // Петрология. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 227–259.
2. Бахарев А. Г., Гамянин Г. Н., Горячев Н. А., Половинкин В. Л. Магматические и рудные формации хребта Улахан-Тас (Северо-Восточная Якутия). – Якутск : Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1988. – 200 с.
3. Бортников Н. С., Лобанов К. В., Волков А. В., Галямов А. Л., Викентьев И. В., Тарасов Н. Н., Дистлер В. В., Лаломов А. В., Аристов В. В., Мурашов К. Ю., Чижова И. А., Чефранов Р. М. Месторождения стратегических металлов Арктической зоны // Геология рудных месторождений. – 2015. – Т. 57, № 6. – С. 479–500.
4. Бортников Н. С., Лобанов К. В., Волков А. В., Галямов А. Л., Мурашов К. Ю. Арктические ресурсы золота в глобальной перспективе // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 4 (16). – С. 28–37.
5. Волков А. В. Золоторудные месторождения Центральной Чукотки // Геология рудных месторождений. – 1995. – Т. 37, № 6. – С. 482–499.
6. Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А., Егоров В. Н., Шаповалов В. С., Прокофьев В. Ю., Колова Е. Е. Закономерности размещения и ус-
7. Волков А. В., Сидоров А. А. Уникальный золоторудный район Чукотки. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН; М. : ИГЕМ РАН, 2001. – 180 с.
8. 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 (25). – С. 59–74.
9. Гельман М. Л. Фанерозойские гранитно-метаморфические купола на Северо-Востоке Сибири. Статья 1. Геологическая история палеозойских и мезозойских куполов // Тихоокеанская геология. – 1995. – Т. 14, № 4. – С. 102–115. Статья 2. Магматизм, метаморфизм и мигматизация в позднемезозойских куполах // Тихоокеанская геология. – 1996. – Т. 15, № 1. – С. 84–93.
10. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток : Дальнаука, 2006. Кн. 1. – С. 1–572; Кн. 2. – С. 573–981.
11. Гончаров В. И., Волков А. В. Геология и генезис золоторудного месторождения Совиное (Чукотка). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2000. – 231 с.
12. Горячев Н. А. Геология золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 210 с.
13. лования формирования Au-содержащих Cu-Мо-порфиновых месторождений Северо-Востока России // Геология рудных месторождений. – 2006. – Т. 48, № 6. – С. 512–539.

13. *Горячев Н. А.* Очерк металлогении Арктической зоны Дальнего Востока России // «Север и Арктика: геология, экономика, история». Всероссийская научная конференция, посвящённая 300-летию Российской академии наук. Материалы северо-восточного научного форума, г. Магадан, 7–11 октября 2024 г. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2024. – С. 93–96.
14. *Горячев Н. А., Половинкин В. Л.* Минералого-геохимические признаки связи золотого оруденения с магматизмом (на примере Иннахского рудного узла, Западная Чукотка) // Минералогические особенности эндогенных образований Якутии. – Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1979. – С. 115–129.
15. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Верхояно-Колымская. Лист R-53 – Нижнеянк. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2020.
16. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Верхояно-Колымская. Лист R-54 – Депутатский. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2022.
17. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист R-58–60 (Билибино). – СПб. : ВСЕГЕИ, 1999.
18. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Серия Анюйско-Чаунская. Лист R-59-XXXI, XXXII. Объяснительная записка. – М.; СПб., 2000. – 102 с.
19. *Государственная* геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Серия Нижне-Индибирская. Листы R-56-XV, XXI, XXII, XXIII. Объяснительная записка. – М. : Росгеолфонд, 1998. – 107 с.
20. *Государственная* геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Анюйско-Чаунская серия. Лист R-59-XXXI, XXXII. Объяснительная записка. – М. : ГНТИ литературы по геологии и охране недр, 1963. – 68 с.
21. *Государственная* геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Анюйско-Чаунская. Лист R-59-XXIII-XXIV. Объяснительная записка. – М. : Союзгеолфонд, 1984. – 94 с.
22. *Золоторудные* месторождения СССР. Северо-Восток России. Т. 4. – М. : Наука, 1988. – 179 с.
23. *Карта* полезных ископаемых Республики Саха (Якутия) м-ба 1 : 1 500 000 и объяснительная записка. – СПб : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 148 с.
24. *Крашенинин В. Ф.* О формационной принадлежности объектов золотосеребряного оруденения Джукотукского рудного узла Куларского поднятия // Колыма. – 1994. – № 1. – С. 8–9.
25. *Найбородин В. И.* Золото-теллур-висмутовое оруденение в Западной Чукотке // Колыма. – 1966. – № 8. – С. 41–43.
26. *Некрасов А. И.* Золотое оруденение хр. Улахан-Тас (северо-восток Якутии) // Рудогенез и металлогения Востока Азии. – Якутск : ИГАБМ СО РАН, 2006. – С. 122–125.
27. *Некрасов А. И.* Золоторудные месторождения Северо-Востока Якутии // Руды и металлы. – 2007. – № 5. – С. 26–48.
28. *Некрасов И. Я.* Особенности золото-серебряного месторождения Альфа в хребте Улахан-Сис // Докл. РАН. – 1997. – Т. 353, № 1. – С. 97–99.
29. *Некрасов И. Я., Лихойдов Г. Г., Плюснина Л. П., Кузьмина Т. В.* Особенности геологии, геохимия и генезис Улахан-Сисского, Куларского и Хараулахского золоторудных узлов Верхоянской складчатой области // Тихоокеанская геология. – 2001. – Т. 20, № 3. – С. 79–86.
30. *Панфилов В. И., Некрасов А. И.* Золото-медное оруденение северо-востока Якутии // Рудогенез и металлогения Востока Азии. – Якутск : ИГАБМ СО РАН, 2006. – С. 138–141.
31. *Савичев А. А., Мишулович П. М., Вольных Д. В., Аристов В. В., Антащук К. М.* Новый золото-серебряный объект HS-эпитермального типа на Чукотке // Сборник тезисов докладов XIV Международной научно-практической конференции «Геология, прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (15–18 апреля 2025 г., Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»). – М. : ЦНИГРИ, 2025. – С. 376–379.
32. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / отв. ред. Л. М. Парфёнов, М. И. Кузьмин.* – М. : МАИК «Наука-Интерпериодика», 2001. – 571 с.
33. *Шпикерман В. И., Горячев Н. А.* Золотоносные джаспероиды на западе Чукотки // Колыма. – 1994. – № 5. – С. 7–11.



34. Layer P. W., Newberry R., Fujita K., Parfenov L., Trunilina V., Bakharev A. Tectonic setting of the plutonic belts of Yakutia, northeast Russia, based on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and trace element geochemistry // *Geology*. – 2001. – V. 29, № 2. – P. 167–170.
35. Thomson B., Pratt W. T., Rhys D. A., Oliver N. H. S., Halley S. W., Fischl P., Akinin V. V., Dotzov D. The Kupol Epithermal Au-Ag Vein District, Chukotka, Far Eastern Russia // *Economic Geology*. – 2023. – V. 118, № 1. – P. 93–122.

References

- Akinin V. V., Polzunenkov G. O., Gottlib E. Sh., Miller E. L. Melovoi montsonit-granit-migmatitovy velitkenaiskii kompleks: petrologiya, geokhimiya porod i tsirkona (U-Pb, Hf i O) v prilozhenii k rekonstruktsii evolyutsii magmatizma i kontinental'noi kory v bloke Arkticheskaya Alyaska-Chukotka [Cretaceous monzonite-granite-migmatite Velitkenai complex: petrology, geochemistry of rocks and zircon (U-Pb, Hf and O) in application to the reconstruction of the evolution of magmatism and continental crust in the Arctic Alaska-Chukotka block], *Petrologiya [Petrology]*, 2022, V. 30, No 3, pp. 227–259. (In Russ.)
- Bakharev A. G., Gamyarin G. N., Goryachev N. A., Polovinkin V. L. Magmaticheskie i rudnye formatsii khrebta Ulakhan-Tas (Severo-Vostochnaya Yakutiya) [Magmatic and ore formations of the Ulakhan-Tas ridge (North-Eastern Yakutia), Yakutsk subsidiary of SB USSR AS Publ., 1988, 200 p.
- Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V., Galyamov A. L., Vikent'ev I. V., Tarasov N. N., Distler V. V., Lalomov A. V., Aristov V. V., Murashov K. Yu., Chizhova I. A., Chefranov R. M. Mestorozhdeniya strategicheskikh metallov Arkticheskoi zony [Deposits of strategic metals of the Arctic zone], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of ore deposits]*, 2015, V. 57, No 6, pp. 479–500. (In Russ.)
- Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V., Galyamov A. L., Murashov K. Yu. Arkticheskie resursy zolota v global'noi perspektive [Arctic gold resources in a global perspective], *Arktika: ekologiya i ekonomika [Arctic: ecology and economics]*, 2014, No 4 (16), pp. 28–37. (In Russ.)
- Volkov A. V. Zolotorudnye mestorozhdeniya Tsentral'noi Chukotki [Gold ore deposits of Central Chukotka], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of ore deposits]*, 1995, V. 37, No 6, pp. 482–499. (In Russ.)
- Volkov A. V., Savva N. E., Sidorov A. A., Egorov V. N., Shapovalov V. S., Prokof'ev V. Yu., Kolova E. E. Zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya formirovaniya Au-soderzhashchikh Cu-Mo-porfirovykh mestorozhdenii Severo-Vostoka Rossii [Regularities of placement and conditions of formation of Au-bearing Cu-Mo porphyry deposits of North-Eastern Russia], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of ore deposits]*, 2006, V. 48, No 6, pp. 512–539. (In Russ.)
- Volkov A. V., Sidorov A. A. Unikal'nyi zolotorudnyi raion Chukotki [Unique gold ore region of Chukotka], Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of FEB RAS Publ.; Moscow, Institute of Ore Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS Publ., 2001, 180 p.
- Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V., Murashov K. Yu. Perspektivy vyyavleniya 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 economics]*, 2017, No 1 (25), pp. 59–74. (In Russ.)
- Gel'man M. L. Fanerozoiskie granitno-metamorficheskie kupola na Severo-Vostoke Sibiri. Stat'ya 1. Geologicheskaya istoriya paleozoiskikh i mezozoiskikh kupolov [Phanerozoic granite-metamorphic domes in northeastern Siberia. Article 1. Geological history of Paleozoic and Mesozoic domes], *Tikhookeanskaya geologiya [Pacific geology]*, 1995, V. 14, No 4, pp. 102–115; Stat'ya 2. Magmatizm, metamorfizm i migmatizatsiya v pozdnemezozoiskikh kupolakh [Article 2. Magmatism, metamorphism, and migmatization in late Mesozoic domes], *Tikhookeanskaya geologiya [Pacific geology]*, 1996, V. 15, No 1, pp. 84–93. (In Russ.)
- Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii: v 2 kn. / pod red. A. I. Khanchuka [Geodynamics, magmatism, and metallogeny of the Russian East: in 2 volumes, edited by A. I. Khanchuk], Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2006, V. 1, pp. 1–572; V. 2, pp. 573–981.
- Goncharov V. I., Volkov A. V. Geologiya i genezis zolotorudnogo mestorozhdeniya Sovinoe (Chukotka)

- [Geology and genesis of the Sovinoe gold deposit (Chukotka)], Magadan, North-East Scientific Center of FEB RAS Publ., 2000, 231 p.
12. Goryachev N. A. Geologiya zoloto-kvartsevykh zhil'nykh pojasov Severo-Vostoka Azii [Geology of gold-quartz vein belts of Northeast Asia], Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of FEB RAS Publ., 1998, 210 p.
 13. Goryachev N. A. Oчерк металлогении Арктической зоны Дальнего Востока России [Essay on metallogeny of the Arctic zone of the Russian Far East], Sever i Arktika: geologiya, ekonomika, istoriya. Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 300-letiyu Rossiiskoi akademii nauk. Materialy severo-vostochnogo nauchnogo foruma, Magadan, 7–11 oktyabrya 2024 g. [North and Arctic: geology, economics, history. All-Russian scientific conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. Proceedings of the north-eastern scientific forum, Magadan, October 7-11, 2024], Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of FEB RAS Publ., 2024, pp. 93–96.
 14. Goryachev N. A., Polovinkin V. L. Mineralogo-geokhimicheskie priznaki svyazi zolotogo orudneniya s magmatizmom (na primere Innakhskogo rudnogo uzla, Zapadnaya Chukotka) [Mineralogical and geochemical features of the relationship between gold mineralization and magmatism (on the example of the Innakh ore cluster, Western Chukotka)], Mineralogicheskie osobennosti endogennykh obrazovaniy Yakutii [Mineralogical features of endogenous formations of Yakutia], Yakutsk, Yakutsk subsidiary of SB USSR AS Publ., 1979, pp. 115–129.
 15. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000. Tret'e pokolenie. Seriya Verkhoyano-Kolym'skaya. List R-53 – Nizhneyansk [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000. Third generation. Verkhoyansk-Kolyma Series. Sheet R-53 – Nizhneyansk], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2020.
 16. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000. Tret'e pokolenie. Seriya Verkhoyano-Kolym'skaya. List R-54 – Deputatskii [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000. Third generation. Verkhoyansk-Kolyma Series. Sheet R-53 – Deputatskii], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2022.
 17. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000 (novaya seriya). List R-58–60 (Bilibino) [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 1 000 000 (new series). Sheet R-58–60 (Bilibino)], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 1999.
 18. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Seriya Anyuisko-Chaun'skaya. List R-59-XXXI, XXXII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000. Anyui-Chaun Series. Sheet R-59-XXXI, XXXII. Explanatory note], Moscow – St. Petersburg, 2000, 102 p.
 19. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Seriya Nizhne-Indigir'skaya. Listy R-56-XV, XXI, XXII, XXIII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000. Nizhne-Indigir'skaya Series. Sheets R-56-XV, XXI, XXII, XXIII. Explanatory note], Moscow, Rosgeolfond Publ., 1998, 107 p.
 20. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Anyuisko-Chaun'skaya seriya. List R-59-XXXI, XXXII. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1 : 200 000. Anyui-Chaun Series. Sheet R-59-XXXI, XXXII. Explanatory note], Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1963, 68 p.
 21. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1 : 200 000. Seriya Anyuisko-Chaun'skaya. List R-59-XXIII-XXIV. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the USSR, scale 1 : 200 000. Anyui-Chaun Series. Sheet R-59-XXIII-XXIV. Explanatory note], Moscow, Soyuzgeolfond Publ., 1984, 94 p.
 22. Zolotorudnye mestorozhdeniya SSSR. Severo-Vostok Rossii [Gold ore deposits of the USSR. North-East of Russia], V. 4, Moscow, Nauka Publ., 1988, 179 p.
 23. Karta poleznykh iskopaemykh Respubliki Sakha (Yakutiya) m-ba 1 : 1 500 000 i ob"yasnitel'naya zapiska [Map of mineral resources of the Republic of Sakha (Yakutia), scale 1 : 1 500 000 and explanatory note], St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI [VSEGEI Cartography Factory], 2012, 148 p.
 24. Krashenin V. F. O formatsionnoi prinadlezhnosti ob"ektov zolotoserebryanogo orudneniya Dzhutukskogo rudnogo uzla Kular'skogo podnyatiya [On the formational affiliation of gold-silver mineralization objects of the Dzhutuok ore cluster of the Kular uplift], *Kolyma*, 1994, No 1, pp. 8–9. (In Russ.)
 25. Naiborodin V. I. Zoloto-tellur-vismutovoe orudnenie v Zapadnoi Chukotke [Gold-tellurium-bis-



- mith mineralization in Western Chukotka], *Kolyma*, 1966, No 8, pp. 41–43. (In Russ.)
26. Nekrasov A. I. Zolotoe orudnenie khrebta Ulakhan-Tas (severo-vostok Yakutii) [Gold mineralization of Ulakhan-Tas ridge (northeast of Yakutia)], *Rudogenez i metallogeniya Vostoka Azii* [Ore genesis and metallogeny of East Asia], Yakutsk, Science Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS Publ., 2006, pp. 122–125.
 27. Nekrasov A. I. Zolotorudnye mestorozhdeniya Severo-Vostoka Yakutii [Gold deposits of the North-East of Yakutia], *Rudy i metally* [Ores and metals], 2007, No 5, pp. 26–48. (In Russ.)
 28. Nekrasov I. Ya. Osobennosti zoloto-serebryanogo mestorozhdeniya Al'fa v khrebte Ulakhan-Sis [Features of the Alpha gold-silver deposit in the Ulakhan-Sis ridge], *Doklady RAN* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences], 1997, V. 353, No 1, pp. 97–99. (In Russ.)
 29. Nekrasov I. Ya., Likhoidov G. G., Plyusnina L. P., Kuz'mina T. V. Osobennosti geologii, geokhimiya i genezis Ulakhan-Siskogo, Kularskogo i Kharaulakhs-kogo zolotorudnykh uzlov Verkhoyanskoi skladchatoi oblasti [Features of geology, geochemistry and genesis of the Ulakhan-Sisky, Kularsky and Kharaulakhsy gold ore clusters of the Verkhoyansk folded region], *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific geology], 2001, V. 20, No 3, pp. 79–86. (In Russ.)
 30. Panfilov V. I., Nekrasov A. I. Zoloto-mednoe orudnenie severo-vostoka Yakutii [Gold-copper mineralization of the northeast of Yakutia], *Rudogenez i metallogeniya Vostoka Azii* [Ore genesis and metallogeny of East Asia], Yakutsk, Science Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS Publ., 2006, pp. 138–141.
 31. Savichev A. A., Mishulovich P. M., Vol'nykh D. V., Aristov V. V., Antashchuk K. M. Novyi zolotose-rebryanyi ob"ekt HS-epitermal'nogo tipa na Chukotke [New gold-silver object of the HS-epithermal type in Chukotka], *Sbornik tezisov dokladov XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Geologiya, prognoz, poiski i otsenka mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov"* [Collection of abstracts of reports of the XIV International scientific and practical conference "Geology, forecast, prospecting and evaluation of deposits of diamonds, noble and non-ferrous metals"], Moscow, TsNIGRI Publ., 2025, pp. 376–379.
 32. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) / otv. red. L. M. Parfenov, M. I. Kuz'min [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), ed. by L. M. Parfenov, M. I. Kuz'min], Moscow, MAIK Nauka-Interperiodika Publ., 2001, 571 p.
 33. Shpikerman V. I., Goryachev N. A. Zolotonosnye dzhasperoidy na zapade Chukotki [Gold-bearing jasperoids in western Chukotka], *Kolyma*, 1994, No 5, pp. 7–11. (In Russ.)
 34. Layer P. W., Newberry R., Fujita K., Parfenov L., Trunilina V., Bakharev A. Tectonic setting of the plutonic belts of Yakutia, northeast Russia, based on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and trace element geochemistry, *Geology*, 2001, V. 29, No 2, pp. 167–170.
 35. Thomson B., Pratt W. T., Rhys D. A., Oliver N. H. S., Halley S. W., Fischl P., Akinin V. V., Dotzov D. The Kupol Epithermal Au-Ag Vein District, Chukotka, Far Eastern Russia, *Economic Geology*, 2023, V. 118, No 1, pp. 93–122.

Горячев Николай Анатольевич (goryachev@neisri.ru)
академик РАН, главный научный сотрудник

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



Металлогения золота Южной Монголии

Гаськов И. В.

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. В пределах Южной Монголии Южно-Гобийский золоторудный пояс, протягивающийся в субширотном направлении почти на 1000 км, является наиболее перспективным в отношении рудного золота. В его пределах выделяется несколько золоторудных районов, наиболее значимые из которых: Оюу-Толгойский, Хармагтайский, Олон-Овоотский, Даянгарский, Манлайский и Цаган-Субургинский.

Наибольший потенциал по запасам золота в Южной Монголии представляют месторождения золото-медно-порфиорового типа, выделенные в Оюу-Толгойский и Хармагтайский рудные районы. В Оюу-Толгойском рудном районе особую ценность представляет рудное поле Оюу-Толгой, которое включает семь отдельных месторождений с более чем 42 млн т меди и 1850 т золота и достаточно высокими их содержаниями. Оруденение генетически связано с кварцевыми монцодиоритами, щелочными базальтами позднего девона.

Большим потенциалом по запасам золота обладают золото-медно-порфиоровые месторождения Хармагтайского рудного района, расположенного в 160 км на северо-восток от месторождения Оюу-Толгой. Основное Au-Cu-порфиоровое оруденение сосредоточено в Хармагтайском рудном поле и связано с порфиоровыми системами Хармагтайского магматического комплекса. Ресурсы рудного поля оцениваются в 1,1 млрд т руды, 37 млн т меди и 1,3 тыс. т золота.

В целом Южно-Монгольскую металлогеническую провинцию можно назвать одной из богатейших в мире по запасам рудного золота. Наибольшую значимость в этом регионе представляют золото-медно-порфиоровые месторождения, развитые в Оюу-Толгойском и Хармагтайском рудных районах.

Ключевые слова: Южная Монголия, металлогения, золото, месторождение, рудное поле.

Для цитирования: Гаськов И. В. Металлогения золота Южной Монголии. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 24–44. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10006.

Gold metallogeny of Southern Mongolia

Gaskov I. V.

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Annotation. Within the Southern Mongolia, the South Gobi gold ore belt stretching in the sublatitudinal direction for almost 1000 km is the most promising in terms of ore gold. Several gold ore regions are distinguished within its boundaries, the most significant of which are the Oyu Tolgoi, Kharmagtai, Olon-Ovoot, Dayangar, Manlai, and Tsagaan Suvarga ones. In the eastern segment of the belt, within the Mandal-Ovoot terrane, the Olon-Ovoot ore region is distinguished with different-age hydrothermal-metasomatic gold ore mineralization of various types, represented by the Olon-Ovoot, Khurimt-Khuduk, Itgel, and Unegen-Del ore deposits.

The maximum potential for gold reserves in Southern Mongolia is related to gold-copper porphyry deposits comprised into the Oyu Tolgoi and Kharmagtai ore regions. In the Oyu Tolgoi ore region, the Oyu Tolgoi ore field is exclusively highly estimated. It comprises seven individual ore deposits that contain in total more than 42 million tons of copper and 1850 tons of gold with fairly high grades. The ore mineralization is genetically associated with quartz monzodiorites and alkaline basalts of the Late Devonian. To the east of the Oyu Tolgoi region, the Tsagaan Suvarga ore cluster is distinguished with the Tsagaan Suvarga molybdenum-copper porphyry type deposit and several ore occurrences. They are characterized by rather low gold (0.08 g/t) and silver (2 g/t) grades. The gold-copper porphyry deposits of the Kharmagtai ore district located 160 km northeast of the Oyu Tolgoi deposit have a great potential for gold reserves. The main Au-Cu porphyry mineralization is concentrated in the Kharmagtai ore field and is associated with porphyry systems of the Kharmagtai igneous complex. Resources of the ore field are estimated at 1.1 billion tons of ore, 37 million tons of copper, and 1.3 thousand tons of gold.

In general, the South Mongolian metallogenic province can be considered one of the world richest ones in terms of ore gold reserves. The most significant in this region are the gold-copper porphyry deposits located in the Oyu Tolgoi and Kharmagtai ore regions.

Keywords: South Mongolia, metallogeny, gold, ore deposit, ore field.

For citation: Gaskov I. V. Gold metallogeny of Southern Mongolia. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 24–44. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10006.

Введение. Традиционно территория Монголии подразделяется на северный «каледонский» и южный «герцинский» орогены [1, 8]. Региональной структурной границей, разделяющей эти орогены, является так называемый Главный Монгольский линеамент (рис. 1). Герцинская Южно-Монгольская складчатая система образована силурийско-девонскими и нижнекаменноугольными комплексами, включающими офиолиты, вулканы различного состава, яшмы, кремнисто-сланцевые и туфогенно-граувакковые породы, фрагментарно перекрытые верхнепалеозойской молассой. Большую часть юга Монголии занимает Южно-Монгольская металлогеническая провинция, включающая Южно-Гобийский пояс с различными типами золоторудной минерализации.

Южно-Гобийский золоторудный пояс, выделенный среди герцинид юга Монголии, прослеживается почти на 1000 км от района г. Сайншанда через сомоны Манлай, Мандал-Овоо, Баян-Цаган и далее к западу в структу-

рах хребта Эдрегийн-Нуру Гобийского и Монгольского Алтая. В его пределах выделяются несколько рудных или потенциально рудных районов, наиболее значимые из которых Олон-Овоотский, Даянгарский, Оюу-Толгойский, Хармагтайский и Манлайский. Основные месторождения этого региона представлены в табл. 1. Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы показать развитие различных типов золоторудной минерализации в пределах Южно-Гобийского пояса, дать им геологическую характеристику и оценить масштабы проявления.

Олон-Овоотский рудный район располагается в восточной части Южно-Гобийского пояса и приурочен к Мандал-Овоотскому террейну, который примыкает к Главному Монгольскому линеаменту с юга (см. рис. 1). В геологическом строении Олон-Овоотского золоторудного узла принимают участие осадочные образования палеозоя, включая терригенные отложения силура и вулканогенно-осадочные породы девона: известняки, песчаники,

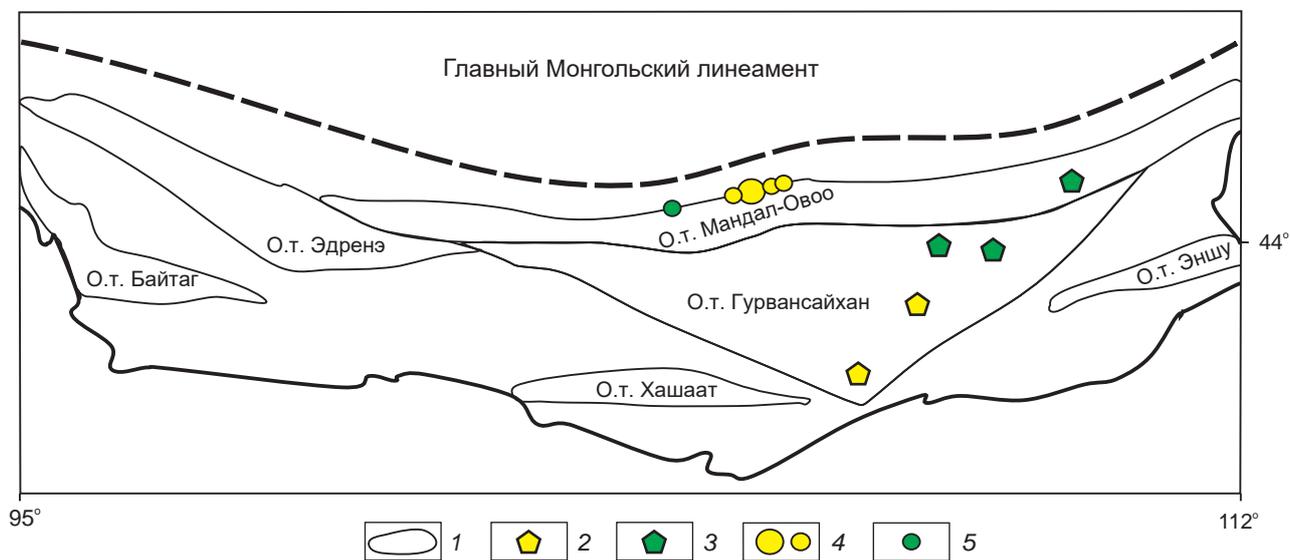


Рис. 1. Фрагмент террейновой схемы Южной Монголии и положение золоторудной минерализации разного типа (по [15]):

1 – границы островодужных террейнов (О.т.); 2 – золото-медно-порфировые месторождения; 3 – молибден-медно-порфировые месторождения; 4 – золоторудные проявления; 5 – меднорудные проявления

Fig. 1. Fragment of the terrane scheme of Southern Mongolia, showing position of gold mineralization of different types (after [15]):

1 – terrane boundaries; 2 – gold-copper porphyry deposits; 3 – molybdenum-copper porphyry deposits; 4 – gold ore occurrences; 5 – copper ore occurrences

Таблица 1. Золотосодержащие месторождения Южно-Гобийского пояса Южной Монголии

Table 1. Gold-bearing ore deposits of the South Gobi belt of Southern Mongolia

Месторождение	Формационный тип	Рудовмещающая формация	Геотектоническая позиция	Рудообразующие минералы	Полезные компоненты	Запасы
Олон-Овоот	Золото-кварцевый	Вулканогенно-осадочная	Островодужный террейн Мандал-Овоо	Галенит, пирит, халькопирит, ковелин, халькозин, алтаит, магнетит, гематит и самородное золото	Au – 3–50 г/т	Au ~ 20 т
Унэгэн-Дэл	Золото-ртутный	Песчано-сланцевая	Островодужный террейн Мандал-Овоо	Антимонит, пирит, киноварь, золото	Au – 0,1–2,0 г/т	
Оюу-Толгой	Медно-золото-порфировый	Монцонит-андезит-дацитовая	Гоби-Ханкайская дуга	Халькопирит, борнит, пирит, золото, магнетит, халькозин, энаргит, блёклые руды	Cu – 1,1 % Au – 0,35 г/т	Руда – 2,3 млрд т Cu – 27 млн т Au – 810 т
Хармагтай	Медно-золото-порфировый	Монцонит-диоритовая	Казахстано-Монгольская дуга	Халькопирит, пирит, борнит, молибденит, золото, теллуриды Au, магнетит, галенит, сфалерит	Cu – 0,5–0,8 % Au – 0,7–1,25 г/т	Руда – 1,1 млрд т Cu – 37 млн т Au – 1300 т
Цаган-Субурга	Медно-молибден-порфировый	Габбро-диорит-гранодиоритовая	Гурвин-Саянский террейн	Халькопирит, борнит, халькозин, молибденит, пирит	Cu – 0,53 % Mo – 0,02	Руда – 1,3 млрд т Cu – 6,6 млн т Mo – 260 т

алевролиты и туфы кислого состава. Кроме того, в его составе развиты юрские пестроцветные конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, тела щелочных вулканитов и раннепермские интрузивные породы, представленные двумя фазами гранитоидов мандал-овоотского комплекса (рис. 2). К ранней фазе этого комплекса относятся низкощелочные равномернозернистые и порфировидные амфибол-биотитовые граниты, а поздняя фаза образует лейкократовые порфировидные, иногда пегматоидные граниты. Дайки этого комплекса представлены раннепермскими аплитами, пегматитами, риолитами и кварцевыми диоритами [9, 10].

В пределах Олон-Овоотского рудного узла развита серия месторождений и рудопроявлений с разными типами золотого оруденения: Олон-Овоот, Хуримт-Худук, Итгел и Унэгэн-Дэл. Они образовались в результате развития постмагматической гидротермально-метасо-

матической деятельности в широких температурных пределах (350–120 °С) [24].

Месторождение Олон-Овоот расположено на востоке Олон-Овоотского рудного района в 500 км на юг от г. Улан-Батора и является наиболее крупным золото-кварцево-жильным объектом этого района. В период с 2003 по 2010 гг. на месторождении проводилась детальная разведка и частичная отработка. За время работы рудника было добыто около 10 т золота [11]. С 2011 г. работы на месторождении приостановлены, а основной карьер консервирован.

Участок месторождения сложен сильно деформированными осадочными породами силурийского возраста, представленными алевролитами, песчаниками и известняками, чередующимися с прослоями эффузивов основного состава [4]. Эта толща прорвана штоками и дайками габбро-диоритов девонского возраста, с которыми связано формирование зо-

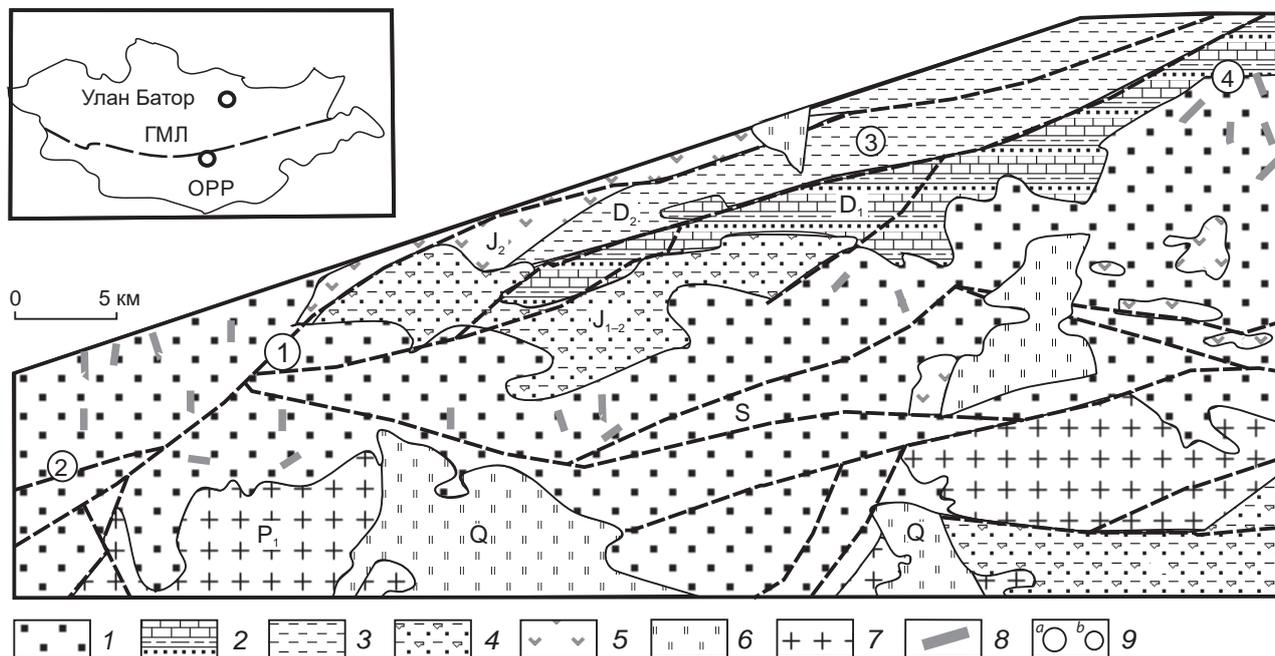


Рис. 2. Геологическое строение Олон-Овоотского рудного района:

1 – силурийские песчаники, алевролиты и известняки (S); 2 – раннедевонские алевролиты и известняки (D_1); 3 – среднедевонские песчаники, алевролиты и туфы кислого состава (D_2); 4 – средне-позднеюрские пестроцветные конгломераты, гравелиты, песчаники и алевролиты (J_{1-2}); 5 – позднеюрские щелочные вулканиты (J_2); 6 – четвертичные отложения (Q); 7 – раннепермские граниты и лейкограниты (P_1); 8 – девонские дайки диабазов и габбро-диабазов (D_1); 9 – рудные месторождения (a) и рудопроявления (b): 1 – Олон-Овоот, 2 – Хуримт-Худук, 3 – Итгел, 4 – Унэгэн-Дэл

Fig. 2. Schematic geological map of the Olon-Ovoot ore region:

1 – Silurian sandstones, siltstones, and limestones (S); 2 – Early Devonian siltstones and limestones (D_1); 3 – Middle Devonian sandstones, siltstones, and silicic tuffs (D_2); 4 – Middle to Late Jurassic variegated conglomerates, gravelites, sandstones, and siltstones (J_{1-2}); 5 – Late Jurassic alkaline volcanics (J_2); 6 – Quaternary deposits (Q); 7 – Early Permian granites and leucogranites (P_1); 8 – Devonian diabase and gabbro-diabase dikes (D_1); 9 – ore deposits (a) and ore occurrences (b): 1 – Olon-Ovoot, 2 – Khurimt-Khuduk, 3 – Itgel, 4 – Unegen-Del

лоторудной минерализации. Оруденение образует четыре обособленные кварцево-жильные рудные зоны мощностью до 10 м и длиной от 50 до 100 м, пространственно связанные с Олон-Овоотским разломом. Эти зоны сложены хлоритизированными и березитизированными породами, вмещающими золотоносные кварцевые жилы и вкрапленные руды. Вкрапленные руды локализуются в основном в березитизированных диоритах и песчаниках и содержат пирит, алтаит и самородное золото, а золотоносные кварцевые жилы представлены кварцево-карбонатными и кварцево-турмалиновыми разностями с вкрапленностью рудных минералов: галенита, халькопирита, пирита, ковеллина, халькозина, алтаита, маг-

нетита, гематита и самородного золота. Содержание золота во вкрапленных рудах, по данным атомно-абсорбционного анализа, варьирует от 3,1 до 50 г/т, а в золотоносных кварцевых жилах – от 2,6 до 374 г/т. Золото на месторождении имеет различную морфологию и размер: от амёбовидных крупных (до 1,5 мм) выделений ярко-жёлтого цвета до микродисперсных круглых пылинок горчичного оттенка. Состав золота независимо от формы выделения характеризуется высокой пробностью (960–1000 ‰; табл. 2), что, вероятно, связано с его преобразованием в гипергенных условиях. На это указывают тесная связь этого золота с гидроокислами железа, развитие тончайших плёнок горчичного золота по лимо-

Таблица 2. Состав самородного золота из разных участков Олон-Овоотского и Даянгарского рудных районов

Table 2. Composition of native gold from different sites of the Oлон-Ovoot and Dayangar ore regions

№ п/п	Участок	Образец	Число измерений	Cu	Au	Ag	Hg	Сумма
1	Олон-Овоот	Об-11А	10	0,000	96,15	0,00	0,082	96,23
2		Об-14	5	0,009	100,48	0,00	0,019	100,51
3		Об-9	10	0,001	100,21	0,00	0,037	100,25
4		Об-14А	2	0,000	100,83	0,00	0,036	100,87
5		Об-11АА	2	0,000	99,73	0,00	0,000	99,73
6		Об-4	5	0,018	91,37	7,10	0,014	98,50
7		Об-11Г	3	0,005	100,25	0,00	0,029	100,28
8		Об-7	3	0,006	97,72	0,00	0,008	97,73
9		Об-11	2	0,001	100,97	0,00	0,000	100,97
10	Итгел	524/9 - 1	5	0,000	80,00	18,54	0,023	98,56
11		524/9 - 2	3	0,000	81,27	18,45	0,042	99,76
12		524/9 - 3	3	0,000	81,53	18,77	0,000	100,30
13		524/9 - 4	2	0,000	82,18	18,47	0,085	100,74
14		524/9 - 5	3	0,000	94,79	6,36	0,019	101,17
15		524/9 - 6	2	0,000	80,80	18,43	0,000	99,23
16		524/9 - 7	6	0,000	86,32	12,25	0,025	98,60
17		524/9 - 8	4	0,026	89,25	10,57	0,027	99,87
18		524/9 - 9	4	0,044	84,02	16,40	0,000	100,46
19		524/9 - 10	2	0,085	82,20	18,78	0,062	101,13
20		524/9 - 11	2	0,025	91,55	9,55	0,036	101,16
21		524/9 - 12	3	0,000	80,31	18,20	0,000	98,51
22		523/2 - 1	1	0,000	100,36	0,00	0,064	100,43
23	523/2 - 2	4	0,000	99,25	0,00	0,016	99,27	
24	Унэгэн-Дэл	446/3	5	0,056	95,65	2,48	1,218	99,40
25		445/2	4	0,060	96,88	0,63	1,402	98,97
26		445/2А	3	0,088	96,74	0,81	0,968	98,61
27		255/2	5	0,009	98,25	0,00	0,012	98,27
28		281/1А	2	0,003	74,36	25,45	0,070	99,89
29		281/1В	5	0,007	75,01	25,24	0,035	100,29
30	255/1	4	0,003	98,65	0,05	0,010	98,71	
31	Даянгар	194	10	0,005	89,89	9,60	0,037	99,54
32		194/А	8	0,001	89,92	9,54	0,024	99,48
33		226	6	0,005	74,18	25,89	0,035	100,11
34		228	4	0,007	98,90	0,00	0,034	98,94
35		226А	6	0,000	85,22	14,57	0,072	99,86
36		225	4	0,000	99,42	0,047	0,061	99,52

ниту, замещающему кристаллы пирита. Формирование же первичного золота, по данным исследования глубоких горизонтов в карьере месторождения, происходило в результате гидротермально-метасоматического процесса, связанного с девонским магматизмом габбро-диоритового состава. На месторождении вы-

деляется две стадии этого процесса: ранняя высокотемпературная стадия (до 350 °С) турмалин-доломитовых метасоматитов, проявленная на нижних горизонтах месторождения Олон-Овоот, и поздняя стадия формирования кварцевых и кварцево-турмалиновых жил с рудной минерализацией. По данным изуче-



Таблица 3. Результаты исследования флюидных включений рудоносного кварца золоторудных проявлений Олон-Овоотского и Даянгарского рудных районов

Table 3. Results of the study of fluid inclusions in ore-bearing quartz from gold ore occurrences of the Oлон-Ovoot and Dayangar ore regions

Месторождения и рудопроявления	$T_{\text{гом}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{эвт}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	Концентрация, мас. % NaCl экв.
<i>Золото-сульфидно-кварцевые месторождения</i>				
Олон-Овоот, кварцево-турмалиновые жилы	240–350			4,0–5,1
Олон-Овоот, рудоносный кварц	310–260	-	-6	4,8–6,6
Хуримт-Худук, рудоносный кварц	280–230	-66...-48	-3	4,9
Итгел, рудоносный кварц	195–170	-50...-49	-10...-8	14–11,7
Даянгар, рудоносный кварц	250–175	-54...-48	-4...-3,6	6,4–6,0
<i>Золото-ртутные месторождения</i>				
Унэгэн-Дэл, рудоносный кварц	150–175	-21...-23	-1,6...-3,1	2,6–5,1

ния флюидных включений из золотоносного кварца кварц-карбонатных жил, температуры их образования варьируют от 260 до 310 °С, а состав флюида имеет солёность от 4,8 до 6,6 мас. % в эквиваленте NaCl (табл. 3) [22]. На эндогенный источник гидротермальных растворов указывает изотопный состав серы пирита, развитого в кварцевых жилах совместно с самородным золотом. Он имеет узкий диапазон изменения $\delta^{34}\text{S}$ от 0,1 до 2,4 ‰, что говорит о магматогенном источнике, связанном с развитием штоков и даек габбро-диоритов девонского возраста.

В 7 км на запад от месторождения Олон-Овоот выявлено рудопроявление Хуримт-Худук, представленное зоной гидротермально-изменённых пород общей протяжённостью около 1500 м и шириной 30–50 м среди девонских алевропесчанистых отложений. Породы этой зоны частично березитизированы и содержат вкрапленность пирита и тонкие прожилки кварц-пирит-карбонатного состава. Кроме того, в пределах зоны выделяются три крупные кварцевые жилы мощностью до 1,0 м и серия более мелких жил мощностью от 10 до 40 см. Кварцевые жилы помимо кварца содержат доломит, серицит и рудные минералы: галенит,

халькопирит, арсенопирит, алтаит и золото. В протолочках жил установлено до нескольких сотен знаков самородного золота. Также повышенные содержания золота установлены в околожильных изменённых породах. По данным изучения флюидных включений, формирование кварцевых жил происходило при температуре около 280 °С (см. табл. 3), а возраст их образования, по данным Ar-Ar метода по серициту из кварцевой жилы, составляет 289 ± 3 млн лет.

Наибольшие перспективы на выявление промышленных концентраций золота в Олон-Овоотском рудном районе из числа вышеуказанных имеют рудопроявления Итгел и Унэгэн-Дэл, расположенные к востоку от месторождения Олон-Овоот.

Рудопроявление Итгел находится в 15 км к северо-востоку от месторождения Олон-Овоот в поле развития верхнепалеозойских пород (D_2), сложенных сланцами, известняками, песчаниками и линзовидными телами кварцевых порфиров. Золотое оруденение приурочено к телам кварцевых порфиров, разбитых на блоки разломами СВ и реже СЗ простирания и интенсивно рассланцованных. На участке рудопроявления выявлено три таких



тела, из которых наиболее интенсивно минерализованным является южное тело. Его протяжённость более 750 м, мощность от 1 до 14 м (средняя – 7 м). Породы достаточно сильно березитизированы и насыщены жилами и прожилками кварца, среди которых выделяются две генерации: ранние жилы, согласные сланцеватости, и секущие маломощные жилы и прожилки, наложенные на жилы ранней генерации. Золотое оруденение связано с более поздними секущими прожилками кварца (мощность от 0,5 до 30 см). По результатам пробирного анализа, содержание золота в них достигает 50,5 г/т, а в протолочках таких прожилков установлено до 500 знаков самородного золота. Минеральный состав прожилков наряду с кварцем включает кальцит, пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит, сульфосоли свинца и золото. Золото довольно крупное, до 1,5 мм. Его пробность колеблется от 800 до 1000 ‰. Преобладает золото пробности 800–830 ‰. Золото пробности 915–1000 ‰ часто ассоциирует с окисленными сульфидами и, вероятно, связано с гипергенным преобразованием первичного золота. Изучение флюидных включений показывает достаточно низкие температуры образования этих жил (до 180 °С).

Рудопроявление Унэгэн-Дэл установлено в 25 км на северо-восток от месторождения Олон-Овоот. Участок рудопроявления имеет протяжённость около 10 км при ширине более 2 км и сложен песчано-сланцевыми отложениями силурийского и девонского возраста. Породы интенсивно дислоцированы, разбиты дизъюнктивными нарушениями субмеридионального и северо-восточного простирания и прорваны дайками и силлами диоритов и габбро-диоритов. Со структурами северо-восточного простирания пространственно связана золоторудная кварцево-жилная минерализация, представленная аргиллитизированными породами со штокверковыми зонами, сложенными пиритом, арсенопиритом, галенитом и золотом.

На участке рудопроявления выделено три рудных зоны: Северная, Промежуточная и Южная. Наиболее мощной и протяжённой является Северная зона кварцитов, протягиваю-

щаяся в кровле толщи известняков в СВ направлении почти на 7 км при мощности до 8 м. Кварциты сложены тонкозернистым или халцедоновидным кварцем со вкрапленностью барита и рудных минералов: антимонита, пирита, киновари и золота. Антимонит образует вкрапленность игольчатых кристалликов, реже розетки крупных кристаллов, часто замещённых валентинитом или кермеситом. Пирит выделяется в виде тонкой вкрапленности (< 0,5 мм) и характеризуется, по данным микрозондового анализа, примесью Hg до 0,44 % и As до 1,56 %. Киноварь и золото установлены лишь в протолочках кварцитов. Золото преимущественно тонкое, пылевидное; по данным пробирного анализа, его содержание колеблется от 0,1 до 2,0 г/т. Пробность золота изменяется от 743 до 986 ‰. Анализом на микрозонде в его составе установлены Ag до 25,45 %, Hg до 1,4 % и Cu до 0,09 %. Изучение флюидных включений в кварце из кварцитов показало, что формирование кварцевых жил с антимонитом, пиритом, киноварью и ртутистым золотом происходило при температуре 150–175 °С (см. табл. 3) и весьма низких давлениях.

Промежуточная и Южная зоны имеют более ограниченные масштабы, представлены также телами кварцитов мощностью в первые метры и протягиваются на сотни метров в ВСВ направлении. Они характеризуются слабым развитием сульфидной минерализации, представленной лишь редкой вкрапленностью кубиков пирита. Золото установлено только в шлихах и протолочках (до 10 · n знаков). Золото низкопробное – 738–764 ‰.

В целом рудопроявление Унэгэн-Дэл отличается от вышерассмотренных золоторудных объектов Олон-Овоотского рудного узла. Оно может быть отнесено к золото-ртутному типу, на что указывает ряд признаков: низкие температуры минералообразования ($T < 180$ °С); минеральный состав руд, представленный мышьяк- и ртутьсодержащим пиритом, антимонитом, киноварью, баритом и ртутистым золотом; своеобразный тип гидротермального изменения вмещающих пород, выражающийся в аргиллизации пород и их окварцевании.



Проведённые исследования дают основание выделить два типа золотого оруденения в Олон-Овоотском рудном узле: 1) золото-сульфидно-кварцевое, к которому относится большинство изученных месторождений; 2) эпitherмальное золото-ртутное, установленное на месторождении Унэгэн-Дэл. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение, по данным изучения газовой-жидких включений в кварцевых жилах, характеризуется достаточно высокими температурами образования (340–170 °С), повышенными концентрациями рудообразующих растворов (до 11,7 мас. %) и присутствием высокоплотной фазы углекислоты во флюидных включениях. По данным криометрических исследований и раман-спектроскопии, газовая фаза представлена $\text{CO}_2 > \text{CH}_4 > \text{N}_2$. Гомогенизация CO_2 во флюидных включениях происходит в жидкую фазу при 14–31 °С. Давления, рассчитанные по углекислотным и углекислотно-водным включениям, составляют 0,6–1,1 кбар. Среди солевых компонентов, судя по температурам эвтектики, преобладают NaCl и CaCl_2 . Золото-ртутное оруденение установлено в аргиллитизированных песчано-сланцевых отложениях, окварцованных известняках, кварцитах и кварц-карбонатных породах, развивающихся по серпентинитам. Эти породы содержат тонкую вкрапленность пирита, марказита, арсенопирита, киновари, антимонита, барита и тонкодисперсного золота. Золото имеет пробность 743–982 ‰ и характеризуется повышенным содержанием ртути (до 1,402 мас. %). Физико-химические условия формирования золото-ртутного оруденения отличаются более низкими температурами образования 150–175 °С и меньшими концентрациями рудообразующих растворов (5,1–2,6 мас. %). Во флюидных включениях минералов руд фаза высокоплотной углекислоты не установлена, что указывает на низкие давления и, наряду с широким развитием в рудах халцедона, барита, ртутьсодержащих минералов, свидетельствует о близкповерхностных условиях формирования и о сходстве их с месторождениями типа Карлин.

В 100 км к востоку от Олон-Овоотского золоторудного месторождения выделяется Да-

янгарский рудный район, примыкающий к урочищу Даянгар. Район сложен в основном терригенными отложениями (песчаники, сланцы) нижнего девона и эффузивами основного и кислого состава в южной его части. По северному борту урочища Даянгар и его продолжению к западу и востоку проявлена мощная зона рассланцевания и милонитизации пород, к которой приурочены крупные кварцевые жилы, сложенные массивным молочно-белым кварцем с редкой вкрапленностью серицита, калишпата и пирита. Наиболее широкое их развитие установлено на участке Даянгар.

Участок Даянгар представлен мощной (до 16 м) и протяжённой (1200 м) кварцевой жилой, залегающей среди интенсивно рассланцованных терригенных пород нижнего девона, представленных в основном сланцами с прослоями песчаников. Кварцевая жила имеет линзовидную форму и залегает согласно сланцеванию пород субмеридионального простирания. Её мощность составляет 0,5–1 м на восточном фланге, около 16 м в центре и 0,5 м на западе через 1200 м. Сложена жила массивным крупнокристаллическим кварцем, интенсивно брекчирована и местами сильно ожелезнена. Жила пересечена множеством секущих крутопадающих жил и прожилков субмеридионального простирания, которые часто содержат пирит, галенит, халькопирит и сульфосоли свинца. Анализ протолок по простиранию жилы (через 100–200 м) выявил самородное золото размером от пылевидного до 1 мм. По данным пробирного анализа 24 бороздовых проб, отобранных по четырём профилям по простиранию жилы, содержания золота составляют от 0,03 до 88,9 г/т (среднее 9,6 г/т; табл. 4). Распределение золота в жиле крайне неравномерное. Более обогащённые золотом интервалы расположены в центральной части жилы с мощностью более 10 м, характеризующейся большим развитием поздних кварцевых прожилков с сульфидной минерализацией и гидроокислами железа. Золото в виде тончайших выделений неправильной формы отмечается в кварце, а также в виде плёнок и тонкой вкрапленности в агрегате гидроокис-

Таблица 4. Содержания золота в бороздовых пробах участка Даянгар

Table 4. Gold contents in channel samples of the Dayangar site

Номер профиля	Номер пробы	Длина борозды, м	Содержание Au (г/т), пробирный анализ	Содержание самородного Au в тяжелой фракции пробы	
				знаки	пыль
D-2	D-2/1	1,0	14,3	1	> 100
D-3	D-3/1	1,0	0,21	1	2
	D-3/2	1,0	16,5	3	> 200
	D-3/3	1,0	6,05	-	> 100
	D-3/4	1,0	27,9	-	> 100
	D-3/5	1,0	10,6	2	> 20
	D-3/6	1,0	0,27	3	
D-6	D-6/1	1,0	0,23	-	-
	D-6/2	1,0	0,08	-	6
	D-6/3	1,0	1,60	3	> 20
	D-6/1A	1,0	88,9	> 100	> 100
	D-6/4	1,0	0,05	-	4
	D-6/5	1,0	0,1	-	> 10
	D-6/6	1,0	0,07	-	> 12
	D-6/7	1,0	2,8	-	> 10
	D-6/8	1,0	1,04	-	1
	D-6/9	1,0	0,04	-	1
	D-6/10	1,0	0,04	-	-
D-6/11	0,5	0,03	-	-	
D-7A	D-7A/0	1,0	0,09	-	> 20
	D-7A/1	1,0	0,13	2	> 20
	D-7A/2	1,0	0,07	2	> 20
	D-7A/3	1,0	40,2	1	> 5
	D-7A/4	1,0	0,08	-	2

лов железа. Пробность золота, по данным микронного анализа, изменяется от 740 до 994 ‰, но высокопробное золото коррелирует с выделениями лимонита, что указывает на его преобразование в гипергенных условиях. Первичное золото с пробностью 740–870 ‰ встречается довольно редко и приурочено к участкам жилы с развитием поздних прожилков кварц-карбонат-сульфидного состава. В составе этого золота содержание Ag составляет до 25,9 %. Температуры образования рудоносных кварц-карбонатных жил, по данным изучения флюидных включений, составляют

250–175 °С, а концентрация рудообразующих растворов не превышает 6,4 % экв. NaCl.

Также, на востоке Южно-Гобийского золоторудного пояса вблизи сомона Манлай выделен *Манлайский рудный район*, характеризующийся широким развитием целого ряда проявлений золото-кварцевого, золото-ртутного и сурьмяно-ртутного типов и шлиховых ореолов золота [5, 7, 13]. Проведённые исследования показали, что наибольшие перспективы обнаружения промышленных золотоносных проявлений в этом районе связаны с Харано-янской зоной рассланцевания, приуроченной



к Хараноянскому разлому. Она характеризуется широким развитием гидротермального изменения пород и кварцево-жильной минерализации. Вмещающие породы представлены алевролитами, песчаниками, конгломератами, порфиритами и линзовидными телами железистых кварцитов. В пределах этой зоны наибольшие перспективы связаны с контурами шлиховых ореолов золота и киновари и развитием метасоматитов.

На западе Южно-Монгольской металлогенической провинции выделяются медно-полиметаллический Барун-Хурайский пояс, включающий ряд рудных узлов и групп рудопроявлений меди и полиметаллов с повышенными содержаниями золота и серебра. Протяженность пояса более 300 км, а ширина от 70 до 150 км. В целом Барун-Хурайский металлогенический пояс имеет полиметаллическую специализацию, а проявления меднорудной формации здесь играют подчиненную роль. На юго-западе Барун-Хурайского пояса выявлено три типа золотого оруденения:

1. зоны пиритизации с кварц-карбонатными прожилками в вулканогенно-осадочных толщах и риолитах. Измененные кварц-серицитовые риолиты содержат пиритовую минерализацию и невысокие (до 1 г/т) концентрации золота. Однако большие масштабы их развития определяют перспективы поиска в них кондиционных руд;

2. зоны штокверковой кварц-пиритовой минерализации среди слабоизмененных терригенных и вулканогенных пород. Они развиты в экзоконтактах гранитоидных массивов и представлены зонами окварцевания и ожелезнения пород с содержанием Au до первых г/т. Этот тип руд характеризуется золото-теллуридной специализацией;

3. золото-медь-кварцево-жильный тип минерализации.

Золото-медно-порфировое оруденение. Наиболее существенный потенциал по золоту в Южной Монголии представляют месторождения золото-медно-порфирового и медно-молибден-порфирового типов, приуроченные к Гурвансайханскому островодужному террейну (см. рис. 1). По данным [6], место-

рождения порфирового типа сформировались в двух различных тектонических условиях, соответствующих: 1) началу островодужной истории Гурвансайханского террейна, связанной с позднедевонским временем, и 2) условиям коллизии-субдукции, происходившей в раннекаменноугольный период. С позднедевонским островодужным этапом коррелируют месторождения Оюу-Толгой, Цаган-Субурга, а с раннекаменноугольным коллизионно-субдукционным периодом – месторождения Хармагтай, Шутээн и Оюут-Улаан.

Наиболее богатыми по содержанию золота являются золото-медно-порфировые месторождения, выявленные на самом юге Монголии в 650 км от г. Улан-Батор и в 80 км от границы с Китаем. Здесь, в Южно-Гобийском пустынном районе, выделен Оюу-Толгойский рудный район, включающий крупные по запасам меди и золота золото-медно-(молибден)-порфировые месторождения. В 160 км на северо-восток от него расположен Хармагтайский рудный район с золото-медно-порфировыми месторождениями, среди которых наибольший интерес представляет Хармагтайское месторождение, известное как рудопроявление еще с 1970-х годов.

Оюу-Толгойский рудный район (рис. 3, 4) представляет собой узкий, линейный минерализованный участок длиной 25 км, который, по данным [26], является частью металлогенического пояса, простирающегося на север-северо-восток в пределах Гурвансайханского островодужного террейна. Рудное поле Оюу-Толгой площадью 12 × 1 км, расположенное на юго-западе этого рудного района, включает шесть отдельных месторождений, расположенных в следующей последовательности с севера на юг: Хюго Дамметт Северный, Хюго Дамметт Южный, Центральный Оюу, Южный Оюу, Юго-Западный Оюу и Херуга (см. рис. 3, 4). В настоящее время на этих объектах британо-австралийский концерн Rio Tinto проводит детальную глубинную разведку и частичную отработку как открытым, так и подземным способами.

Разрез рудного поля в нижней части представлен девонскими отложениями, на кото-

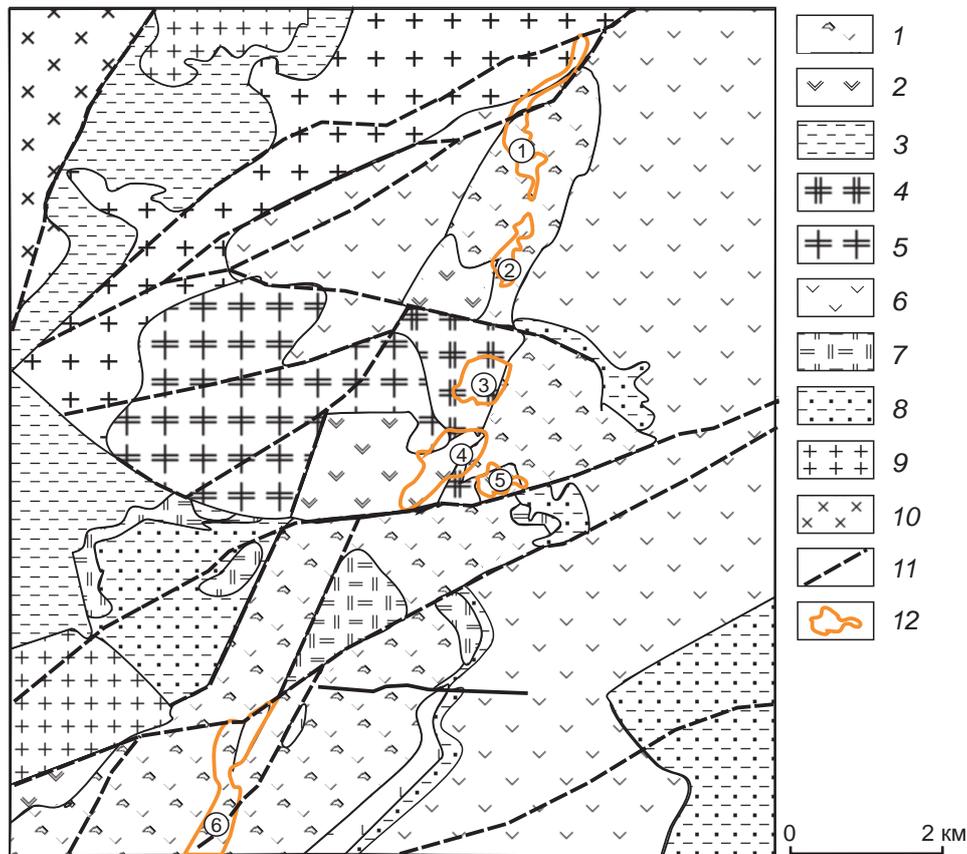


Рис. 3. Геологическая схема Оюу-Толгойского рудного района:

1–5 – верхнедевонские отложения и интрузивные образования (D_3): *1* – базальтовая брекчия, *2* – порфировый авгитовый базальт, *3* – алевропелитовая осадочная порода, *4* – кварцевый монцодиорит, *5* – кварцевый монцодиорит изменённый; *6–10* – каменноугольные отложения и интрузивные образования: *6* – базальт (C_1), *7* – андезит-дацитовый туф, *8* – алевропесчаник (C_1), *9* – мелко-среднезернистый гранодиорит (C_{1-2}), *10* – среднезернистый гранодиорит (C_{1-2}); *11* – разломы; *12* – контуры рудных месторождений: *1* – Хюго Дамметт Северный, *2* – Хюго Дамметт Южный, *3* – Центральный Оюу, *4* – Южный Оюу, *5* – Юго-Западный Оюу, *6* – Херуга

Fig. 3. Schematic geological map of the Oyu Tolgoi ore region:

1–5 – Upper Devonian deposits and intrusive formations (D_3): *1* – basaltic breccia, *2* – porphyritic augite basalt, *3* – aleuopelite sedimentary rock, *4* – quartz monzodiorite, *5* – altered quartz monzodiorite; *6–10* – Carboniferous deposits and intrusive formations: *6* – basalt (C_1), *7* – andesitic tuff, *8* – silty sandstone (C_1), *9* – fine to medium-grained granodiorite (C_{1-2}), *10* – medium-grained granodiorite (C_{1-2}); *11* – faults; *12* – outlines of the ore deposits: *1* – Hugo Dummett North, *2* – Hugo Dummett South, *3* – Central Oyu, *4* – Southern Oyu, *5* – Southwest Oyu, *6* – Heruga

рых несогласно лежит вулканогенно-осадочная толща карбона и нелитифицированные красные глины мелового возраста. В низах девонского разреза преобладают базальтовые лавы и меньше вулканокластические породы, несогласно перекрытые позднедевонскими (~ 370 млн лет) базальтовыми и дацитовыми

пирокластическими породами и вулканическими туфами, которые прорывают кварц-монцодиоритовые интрузии разной морфологии – от порфировых даек до более крупных штоков. Золото-медное оруденение Оюу-Толгой генетически и по времени образования связано с островодужными вулканоплутоническими

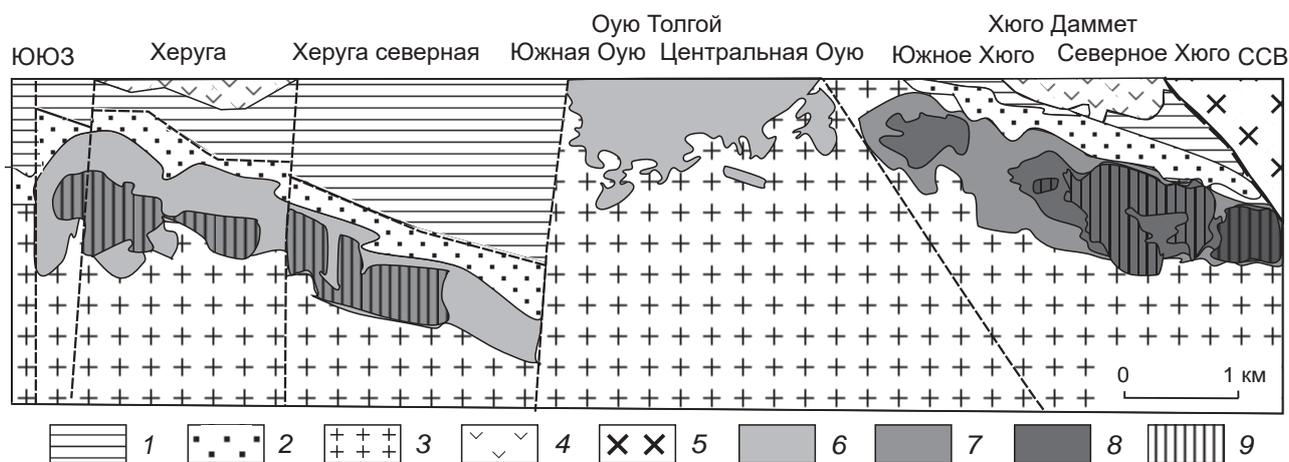


Рис. 4. Продольный разрез Оюу-Толгойского рудного поля:

1–3 – девонские образования (D_3): 1 – базальтовые вулканические туфы и осадочные породы, 2 – Оюу-Толгойская осадочная толща: сланцы, песчаники, 3 – кварцевые монцодиориты; 4, 5 – каменноугольные образования (C_{1-2}): 4 – базальтовые и дацитовые туфы и осадочные породы, 5 – гранодиориты; 6–9 – ореолы содержаний: 6 – $> 0,3\%$ Cu, 7 – $> 0,65\%$ Cu, 8 – $> 2\%$ Cu, 9 – > 1 г/т Au

Fig. 4. Longitudinal geological section of the Oyu Tolgoi ore field:

1–3 – Devonian formations (D_3): 1 – basaltic volcanic tuffs and sedimentary rocks, 2 – Oyu-Tolgoi sedimentary sequence: shales, sandstones, 3 – quartz monzodiorite; 4, 5 – Carboniferous formations (C_{1-2}): 4 – basaltic and dacitic tuffs and sedimentary rocks, 5 – granodiorite; 6–9 – grade shells: 6 – $> 0,3\%$ Cu, 7 – $> 0,65\%$ Cu, 8 – $> 2\%$ Cu, 9 – > 1 г/т Au

образованиями позднедевонского времени (~ 372–370 млн лет). Рудовмещающими породами преимущественно являются авгитовые базальты и в меньшей степени дацитовые пирокластические породы и кварц-монцодиориты. На площади рудного поля Оюу-Толгой развита сложная сеть складок и разломов, образовавшихся в позднедевонское и карбоновое время. Более ранние тектонические структуры определяли границы распространения оруденения, а поздние – изменяли форму рудных тел и влияли на перераспределение оруденения. Месторождения рудного поля содержат более 42 млн т меди и 1850 т золота и отнесены к крупным золото-медным (с молибденом) порфировым месторождениям мирового уровня с достаточно высокими содержаниями основных элементов: Cu 0,85 %, Au 0,31 г/т и Ag 1,23 г/т.

В целом месторождения этого рудного поля можно рассматривать как типичные порфировые месторождения, сформировавшиеся в условиях островных дуг [16, 17], однако ка-

ждое месторождение имеет свои особенности, в частности состав оруденения, рудовмещающих пород и гидротермально-метасоматических изменений.

Золото-медно-порфировое оруденение рудного поля преимущественно прожилково-вкрапленное (штокверковое) с преобладающим развитием сульфидов – ковеллина, халькопирита, халькозина, борнита, дигенита, энаргита и в небольшом количестве теннантита и молибденита – и золота. Протяжённость рудных штокверков сотни метров (до 300–450 м), ширина от десятков метров до 150 м, вертикальный размах до 350 м. Около двух третьих меди связано с ковеллином. Золото образует мелкие и тонкие включения в пирите и халькопирите. Месторождение Центральный Оюу отличается чётким проявлением зон вторичного сульфидного обогащения с широким развитием ковеллина, борнита [14]. На месторождениях Херуга, Южный и Юго-Западный Оюу преобладают кварцевые прожилки с халькопиритом, борнитом и золотом в авгитовых ба-



зальтах и их вулканокластических аналогах. Здесь же часто отмечается выделение ранней калишпат-биотит-магнетитовой ассоциации. На Центральном Оюу и Хюго Дамметт сульфидная энаргит-халькозин-ковеллиновая минерализация ассоциирует с минералами интенсивной аргиллизации: пирофиллитом, каолинитом, алунитом, топазом, андалузитом и диккитом, которые накладываются на первичное золото-халькопирит-теннантитовое оруденение порфирирового типа.

Более подробно рассмотрим особенности развития оруденения на примере месторождения Центральный Оюу. Месторождение имеет в плане овально-округлую форму диаметром 600 м, а на вертикальном разрезе в виде конуса прослеживается на глубину около 800 м. Оруденение генетически связано с базальтами позднего девона и телами кварцевых монцодиоритов, образующих несколько фаз. О существовании нескольких фаз монцодиоритов свидетельствует то, что поздние тела содержат обломки ранних брекчированных тел и сульфидов, развитых в их цементе. На основе U-Pb датирования (по цирконам) установлено, что возраст оруденелых кварцевых монцодиоритов составляет 371 ± 1 млн лет, а возраст поздней фазы кварцевых монцодиоритов равен 362 ± 1 млн лет [24]. Также это подтверждается и данными по Re/Os датированию [18, 19]. Рудовмещающие авгитовые базальты и кварцевые монцодиориты сильно изменены и образуют зональное распределение метасоматитов. На нижних горизонтах месторождения развиты более высокотемпературные разности, представленные ранней калишпат-магнетит-биотитовой ассоциацией, включающей рудные парагенезисы: молибденит-пирит, теннантит-халькопирит-золото и сфалерит-галенит. Ассоциация имеет преимущественное распространение на южных и западных участках месторождения. Содержание золота в этих метасоматитах достигает 2 г/т. Мелкие включения золота и редко гессита (Ag_2Te) развиты в халькопирите и пирите. Размеры их выделений колеблются в пределах 1–20 мкм.

Выше по разрезу метасоматиты переходят к среднетемпературным и низкотемператур-

ным разностям, слагая среднюю и верхнюю зоны. Средняя зона включает серицит-иллит-хлоритовые метасоматиты с халькозин-(дигенит)-борнит-энаргитовым рудным парагенезисом. Она распространена фрагментарно по всему месторождению, иногда замещает ранние калишпат-биотит-магнетитовые метасоматиты, но преобладает на средних горизонтах. Это мелкозернистые агрегаты кварца и чешуек серицита часто с кварцевыми прожилками, замещающие первичные породы. Кварцевые прожилки имеют мощность от миллиметров до сантиметров, вытянутую форму с отчётливыми границами, центральные участки которых выполнены сульфидами или лимонитом. С верхней зоной, состоящей в основном из гипергенной ассоциации кварц-каолинит-алунит-пирофиллит, тесно ассоциирует штокверковое тело вторичного сульфидного обогащения мощностью до 450 м, сложенное пирит-ковеллин-халькозиновым парагенезисом, где содержание меди составляет 0,4–0,5 %. С этим телом связаны основные запасы меди месторождения Центральное Оюу. Здесь же установлены повышенные содержания золота (в среднем 0,6 г/т), серебра (2 г/т) и молибдена (0,01 %). Изотопные данные для пирофиллита на Центральном Оюу имеют значения для δD от 104 до 106 ‰ и $\delta^{18}O$ от 10,4 до 10,9 ‰, что указывает на то, что данный пирофиллит сформировался из магматических флюидов с участием компонентов метеорных вод и имеет температуру образования на Центральном Оюу около 300 °С.

В общем виде зональность гидротермально-метасоматических образований на месторождении Центральный Оюу, сформировавшаяся при гидротермальном изменении рудовмещающих пород, представлена сменой снизу вверх ранней высокотемпературной биотит-калишпат-магнетитовой ассоциации с золото-халькопиритовым рудным парагенезисом на серицит-иллит-хлоритовые изменения с борнит-энаргит-дигенитовым парагенезисом (средний этап). Затем при падении температуры гидротермальных растворов и изменении их кислотности развивается низкотемпературная аргиллизация с халькозин-ковеллиновым парагенезисом. По периферии месторождения



преобладают альбит-актинолитовые или альбит-эпидот-хлорит-карбонатные изменения без оруденения (пропилит), образующиеся при участии флюидов низкой кислотности.

Главные рудовмещающие породы – авгитовые базальты и кварцевые монцодиориты ранней фазы – сильно изменены, что затрудняет выявление их первичных геохимических признаков. Для выявления первичных петрохимических особенностей этих пород Жаргалжав Гомбожавын использовал программы GDA и MINPET2 [2, 3]. По данным его работ, на диаграммах соотношения Th/Yb к Ta/Yb эти породы попадают в поле известково-щелочной серии магматических пород и имеют характеристики пород океанических островных дуг с высоким содержанием калия. Это также доказывается сравнительной их обогащённостью крупноионными литофильными элементами, такими как K, Rb, Ba, и низкими содержаниями высокозарядных малоподвижных элементов (Ta, Nb и Ti). Все эти данные показывают, что рудовмещающие магматические породы месторождения Центральный Оюу относятся к высококалийным известково-щелочным разностям, которые образовались в условиях субдукции океанической островной дуги, как и другие рудовмещающие комплексы рудного поля Оюу-Толгой и комплексы пород Гурвансайханского террейна. Связь золоторудных гидротермальных месторождений с щелочной магмой также показана в работах [21, 23], авторы которых определили, что с 3 % щелочных пород, развитых в Тихоокеанском поясе, ассоциируют 70 % порфировых и эпитермальных месторождений. Д. Мюллер с соавторами [21] отмечали, что щелочные породы, ассоциирующие с золото-медными порфировыми и эпитермальными проявлениями золота, характеризуются высоким содержанием галогенов, особенно Cl, что способствовало экстракции Au и Cu из расплавов и концентрации их в соляных водных флюидах, освобождающихся из магмы и в дальнейшем формировавших оруденение.

На северо-востоке от Оюу-Толгойского месторождения выявлены слабозолотоносные медно-молибден-порфировые образования: месторождение Цаган-Субурга и рудопроявле-

ния Северо-Восточное, Южное, Новое и другие, образующие Цаган-Субургинский рудный узел. Рудный узел приурочен к блоку девонских пород, большую часть которого занимает сиенит-гранит-диоритовый Цаган-Субургинский массив, с которым связано оруденение. Месторождение Цаган-Субурга локализовано в северо-западном эндоконтакте массива в пределах северо-восточной тектонической зоны. Рудная минерализация залегает среди граносиенитов и сиенит-диоритов, с которыми связана генетически. Ar-Ar возраст рудовмещающей интрузивной породы месторождения составляет $364,9 \pm 3,5$ млн лет [20], а Re-Os возраст молибденита – $370,4 \pm 0,8$ млн лет [25] и отвечает началу островодужной истории Гурвансайханского террейна, проявившейся в позднедевонское время. Оруденение месторождения образует рудный штокверк, сложенный сочетанием кварц-сульфидных и кварц-серпичит-сульфидных прожилков, выполняющих преимущественно зоны трещиноватости северо-восточного и северо-западного простирания. Рудные штокверки развиты на площади 100×300 м и прослежены на глубину до 600 м. Общая протяжённость прожилково-вкрапленной зоны месторождения около 1600 м при ширине от 60 до 400 м. В ходе геологоразведочных работ выявлено пять рудных тел, сложенных преимущественно медной и реже полиметаллической минерализацией. Основным рудным минералом месторождения является халькопирит, в небольшом количестве установлены борнит, пирит, молибденит и редко сфалерит и галенит. Халькопирит выделяется в виде тонких прожилков, вкраплений, частично в виде жил вместе с кварцем и мусковитом. Борнит имеет подчинённое развитие и обычно ассоциирует с халькозином. Молибденит развит совместно с халькопиритом в кварцевой жиле. Среднее содержание меди в руде составляет 0,54 %, молибдена – 0,19 %. Содержание золота, по результатам металлургических испытаний руды, составляют 0,08 г/т, серебра – 2,0 г/т.

Хармагтайский рудный район с одноимённым золото-медно-порфировым месторождением и рядом рудопроявлений выделен в пределах Гурвансайханского террейна в 160 км

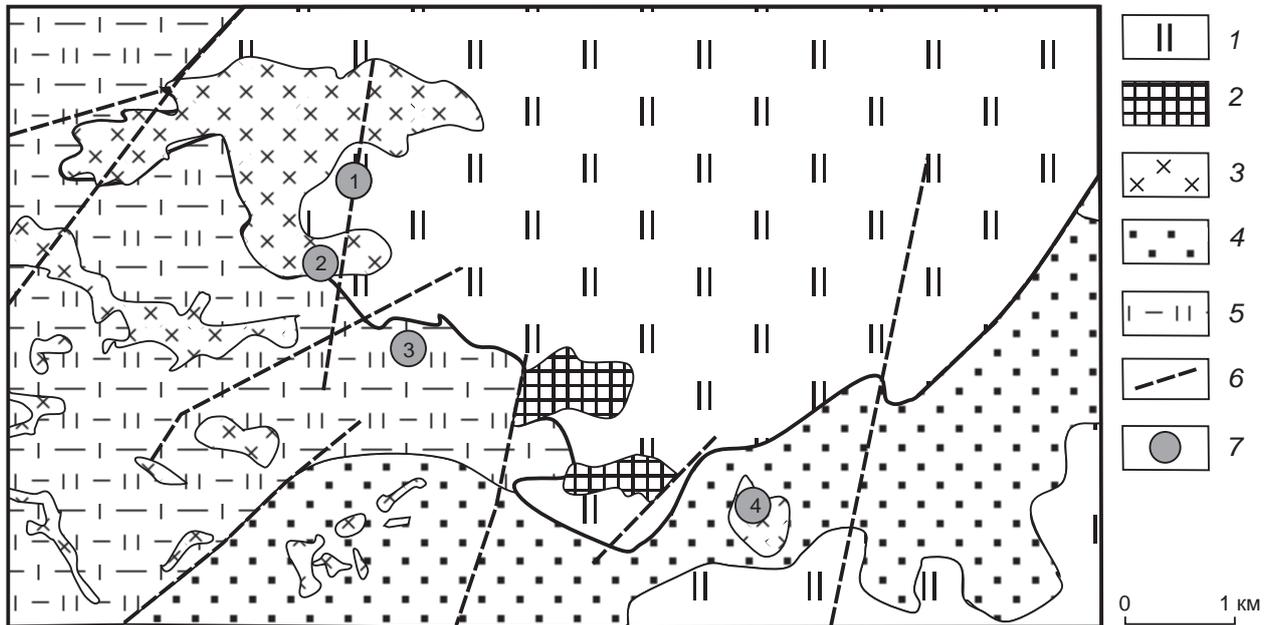


Рис. 5. Геологическая схема Хармагтайского рудного района:

1 – четвертичные отложения; каменноугольные образования (C_1): 2 – турмалиновая брекчия, 3 – диориты и монцодиориты; девонские образования: 4 – вулканокластические песчаники (D_3), 5 – вулканогенно-осадочные породы; 6 – разломы; 7 – месторождения рудного поля Хармагтай: 1 – Алтан-Толгой (Стокворк-Хилл), 2 – Цагаан-Судал (Вайт-Хилл), 3 – Засен-Уул (Коппер-Хилл), 4 – Чунт

Fig. 5. Schematic geological map of the Kharmagtai ore district:

1 – Quaternary deposits; Carboniferous formations: 2 – tourmaline breccia (C_1), 3 – diorites and monzodiorites (C_1); Devonian formations: 4 – volcanoclastic sandstones (D_3), 5 – volcanosedimentary rocks; 6 – faults; 7 – ore deposits of the Kharmagtai ore field: 1 – Altan Tolgoi (Stockwork Hill), 2 – Tsagaan Sudal (White Hill), 3 – Zasen Uul (Copper Hill), 4 – Chunt

на северо-восток от месторождения Оюу-Толгой (рис. 5). В геологическом строении Хармагтайского района выделяются девонские вулканогенно-осадочные отложения, включающие алеврито-песчанистые разности и вулканокластические породы с фрагментами базальтовых и андезитовых лав, а также кислые пепловые кристаллические туфы и туфогенные породы. Все эти образования прорваны высококалиевыми известково-щелочными интрузивными породами Хармагтайского магматического комплекса, образующими в плане субэллиптическое тело длиной 6 км и шириной 2 км с простираем с северо-запада на юго-восток. В пределах рудного поля установлена следующая последовательность внедрения интрузивных фаз: диорит, диорит-порфир, монцодиорит, кварц-диорит, кварц-диоритовые

и андезитовые дайки. Возраст этих образований оценивается, по Re-Os определению, от $330,2 \pm 1,0$ до 297 млн лет [19].

Золото-медно-порфировое оруденение Хармагтайского рудного района имеет многостадийное образование и связано с внедрением различных фаз Хармагтайского интрузивного комплекса. Минерализованные зоны сконцентрированы преимущественно внутри и вокруг тел порфирового типа и образуют в пределах рудного поля обособленные участки концентрации золото-медной минерализации. К ним относятся Алтан-Толгой, Цагаан-Судал, Засен-Уул и Чунт, которые расположены в радиусе 700 м друг от друга. Все эти участки выделяются магнитными максимумами и характеризуются развитием гидротермально-изменённых пород. В настоящее



время в процессе геологоразведочных работ глубоких горизонтов этих участков, проводимых компанией *Xanadu Mines Ltd*, они получили англоязычные названия: Алтан-Толгой – Стокворк-Хилл, Цагаан-Судал – Уайт-Хилл, а Засен-Уул – Коппер-Хилл. По предварительным данным компании, ресурсы рудного поля оцениваются в 1,1 млрд т руды, 37 млн т меди и 1,3 тыс. т золота. Основными минералами, представляющими экономический интерес на всех месторождениях Хармагтайского рудного поля, являются халькопирит, борнит и самородное золото. Кроме того, в виде примеси установлены халькозин, пирит, молибденит, теллуриды Au, гематит, магнетит, кубанит, арсенопирит, сфалерит, теннантит и тетраэдрит. Золото часто выделяется в сростании с халькопиритом, пиритом и борнитом и образует в них мелкие и тонкие включения. В пределах Хармагтайского рудного поля выделено три основных типа минерализации: 1) порфиоровое штокверковое золото-медное оруденение; 2) золото-медная минерализация турмалиновой брекчии; 3) обособленная борнитовая минерализация. Все типы оруденения в разных количествах проявлены на всех участках рудного поля, и на все типы накладывается более поздняя эпitherмальная минерализация.

На каждом выделенном месторождении выявлен свой структурный контроль оруденения и своя специфика минерального состава. Как правило, рудная золото-медная прожилково-вкрапленная минерализация сопровождается развитием гидротермально изменённых пород: слабой калишпатизацией, окварцеванием, эпидотизацией, хлоритизацией, реже серицитизацией и местами турмалинизацией. По взаимоотношению рудной минерализации с интрузивными телами установлено, что основная часть медной минерализации связана с ранними интрузиями кварцевых диоритов и образует ранние кварц-халькопирит-пиритовые жилы, на которые накладываются более поздние жилы халькопирит-пирит-борнитового состава, синхронно с которыми образуются гидротермальные турмалиновые брекчии с теми же сульфидами в цементе и вы-

сокими содержаниями Cu и Au. В масштабах отдельных месторождений сульфидная минерализация имеет зональное распределение и представлена в основном богатым борнитовым ядром, которое к периферии сменяется богатым халькопиритовым оруденением и далее внешней пиритовой минерализацией. Такая зональность предположительно связана с падением температуры рудного процесса и дефицитом меди на заключительной его стадии. Зональность отчётливо проявлена на южной штокверковой зоне участка Стокворк-Хилл и месторождении Коппер-Хилл. На других месторождениях отмечается ограниченное количество борнита, что может указывать на то, что выявленные части месторождений являются верхними частями оруденения, а большая его часть – борнитовое ядро – ещё не вскрыта. Повышенные содержания золота в рудах тесно связаны с медными минералами, и отношение золота к меди возрастает от ранних образований к поздним и в среднем составляет 1 % Cu = 1 г/т Au в ранних рудах, 1 % Cu = 2 г/т Au в поздних жилах и 1 % Cu = 3 г/т Au в борнитовой зоне [19]. Завершает рудный процесс на Хармагтае эпitherмальная стадия, которая состоит из кварц-карбонатных жил с полиметаллической минерализацией, наложенных на все типы пород, и медного оруденения. По составу это обычно кварц-сидерит-кальцитовые жилы мощностью от 10 см до 2 м, содержащие вкрапленность пирита, халькопирита, галенита и сфалерита. Жилы часто содержат до 50–100 г/т Au, хотя в силу их небольшого масштаба они имеют малый экономический интерес.

К юго-западу от месторождения Хармагтай выявлено рудопроявление Шутээн, оруденелые зоны которого связаны с вулканоплутоническим карбоновым (321 ± 9 млн лет) комплексом кольцевой структуры. Минерализация медно-сульфидного типа установлена на нескольких участках порфиоровых интрузий и указывает на медно-порфиоровый тип. Современный уровень эрозии в Шутээне относительно неглубокий, и выявленная минерализация представляет собой, по-видимому, верхнюю часть медно-порфиорового месторож-



дения [12], что предполагает возможное развитие промышленного оруденения порфиروهого типа на глубине.

Выводы. Проведённые исследования металлогении золота Южной Монголии выявили его разнообразные типы и особенности их развития. Одной из потенциально важных структур этого региона является Южно-Гобийский золоторудный пояс, протягивающийся в субширотном направлении почти на 1000 км. В его пределах выделяется несколько золоторудных и потенциально золоторудных районов, наиболее значимые из которых: Оюу-Толгойский, Хармагтайский, Олон-Овоотский, Даянгарский, Манлайский и Цаган-Субургинский.

Олон-Овоотский рудный район, расположенный в восточной части Южно-Гобийского пояса в пределах Мандал-Овоотского террейна, характеризуется развитием разновозрастной гидротермально-метасоматической золоторудной минерализации разных типов. В пределах рудного узла выявлены золоторудные проявления золото-сульфидно-кварцевого типа Олон-Овоот, Хуримт-Худук, Итгел и эпитеpmальная золото-ртутная минерализация, проявленная на месторождении Унэгэн-Дэл. Наиболее крупный золоторудный объект в данном рудном узле – месторождение Олон-Овоот, золотое оруденение которого связано с кварцевыми жилами. К востоку от Олон-Овоотского района выявлены золоторудные кварцево-жильные проявления, образующие Даянгарский рудный район, и золото-ртутные и сурьмяно-ртутные проявления, выделенные в Манлайский рудный район. Эти проявления пока мало изучены, и для оценки их промышленной значимости требуются дополнительные исследования.

На западе Южно-Монгольской металлогенической провинции выделяются медно-полиметаллический Барун-Хурайский пояс и ряд разрозненных групп рудопроявлений меди и полиметаллов с повышенными содержаниями золота и серебра. Протяжённость пояса более 300 км, а ширина от 70 до 150 км. Здесь выявлено три типа золотого оруденения: 1) зоны пиритизации с кварц-карбонатными прожилками в вулканогенно-осадочных толщах

и риолитах с содержаниями Au до 1 г/т; 2) зоны штокверковой кварц-пиритовой минерализации, развитые в экзоконтактах гранитоидных массивов, с содержанием Au до первых г/т; 3) золото-медно-кварцево-жильный тип минерализации. Детальных исследований этих образований не проводилось, и их перспективы пока не оценены.

Наибольший потенциал по запасам золота в Южной Монголии представляют месторождения золото-медно-порфиروهого типа, приуроченные к Гурвансайханскому островодужному террейну и выделенные в Оюу-Толгойский и Хармагтайский рудные районы. В Оюу-Толгойском рудном районе, расположенном на самом юге Монголии в 80 км от границы с Китаем, выделяется рудное поле Оюу-Толгой площадью 12×1 км, вытянутое в юго-западном направлении, которое включает семь отдельных месторождений мирового уровня с 42 млн т меди и 1850 т золота и достаточно высокими их содержаниями: Cu – 0,85 %, Au – 0,31 г/т и Ag – 1,23 г/т. В целом золото-медно-порфиروهое оруденение рудного поля имеет прожилково-вкрапленное (штокверковое) выделение с преобладающим развитием сульфидов – халькопирита, халькозина, борнита, ковеллина, дигенита, энаргита и в небольшом количестве теннантита, молибденита – и золота. Протяжённость рудных штокверков сотни метров, ширина от десятков до сотен метров, вертикальный размах более 350 м. Оруденение генетически связано с несколькими фазами кварцевых монцодиоритов (80 %) и щелочными базальтами позднего девона, которые образовались в условиях субдукции океанической островной дуги в позднедевонское время. Возраст, по данным U/Pb датирования цирконов из оруденелых монцодиоритов, составляет 371 ± 1 млн лет.

К востоку от Оюу-Толгойского района выделен Цаган-Субургинский рудный узел с месторождением молибден-медно-порфиروهого типа Цаган-Субурга и рядом рудопроявлений, залегающих среди девонских граносиенитов и сиенито-диоритов. В отличие от месторождений Оюу-Толгойского района, руды этих образований характеризуются невысоким содер-



жанием золота: по результатам металлургических испытаний руды, оно составляет 0,08 г/т, а серебра – 2 г/т. Основной рудный минерал месторождения – халькопирит, в небольших количествах содержатся борнит, пирит, молибденит.

Более перспективными на золото являются золото-медно-порфировые месторождения Хармагтайского рудного района, расположенного в 160 км на северо-восток от месторождения Оюу-Толгой. Основное золото-медно-порфировое оруденение сосредоточено в Хармагтайском рудном поле и связано с порфировыми системами, проявившимися при внедрении различных фаз интрузивного магматизма Хармагтайского магматического комплекса [19], возраст которого оценивается от $330,2 \pm 1,0$ до 297 млн лет. Оруденение обра-

зует в пределах рудного поля четыре участка с концентрированным его развитием, прогнозные ресурсы которых, по предварительным данным компании Xanadu Mines Ltd, оцениваются в 1,1 млрд т руды, 37 млн т меди и 1,3 тыс. т золота. Повышенные содержания золота, тесно связанного с халькопиритом, и его концентрации увеличиваются в более поздних образованиях.

В целом Южно-Монгольская металлогенная провинция является одной из богатейших в мире по запасам рудного золота. Наибольшую значимость в этом регионе представляют золото-медно-порфировые месторождения, развитые в Оюу-Толгойском и Хармагтайском рудных районах.

Список литературы

1. Амантов В. А., Благодрагов В. А., Борзаковский Ю. А., Дуранте М. В., Зоненшайн Л. П., Лувсанданзан Б., Матросов П. С., Суетенко О. Д., Филиппова И. Б., Хасин Р. А. Основные черты стратиграфии палеозоя Монгольской Народной Республики / Стратиграфия и тектоника Монгольской Народной Республики. Труды совместной Советско-Монгольской геологической экспедиции. Вып. 1. – М.: Наука, 1970. – С. 8–63.
2. Жаргалжав Гомбожавын. Руды и метасоматиты золото-медного месторождения Центральный Оюу (Южная Монголия): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Иркутск, 2009. – 24 с.
3. Жаргалжав Гомбожавын, Имантс Кавалериес. Золото-медное месторождение Центральный Оюу. Южная Гоби, Монголия // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2006. – № 3 (29). – С. 15–21.
4. Задорожный М. В., Зольников И. Д., Глушкова Н. В. Детальное геологическое картографирование Олон-Овоотского золоторудного узла (Южная Монголия) на основе дешифрирования космоснимков среднего и высокого пространственного разрешения // Исследование земли из космоса. – 2019. – № 5. – С. 59–71.
5. Зайцев П. С., Лувсанданзан Б., Меннер В. В., Павлова Т. Г., Пейве А. В., Тимофеев П. П., Томортоогоо О., Яншин А. Л. Магматизм и металлогения Монгольской народной республики / Труды Совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 4. – М.: Наука, 1971. – 158 с.
6. Коваленко В. И., Ярмолук В. В. Эволюция магматизма в структурах Монголии / Эволюция геологических процессов и металлогения Монголии. Труды Совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 49. – М.: Наука, 1990. – С. 23–54.
7. Кузнецов В. А. Некоторые вопросы металлогении Монголии и закономерности размещения эпitherмального оруденения, связанного с мезозойской активизацией / Геология и магматизм Монголии. Труды Совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 30. – М.: Наука, 1979. – С. 68–77.
8. Маринов Н. А., Зоненшайн Л. П., Благодрагов В. А. Магматизм, метаморфизм, тектоника / Геология Монгольской народной республики. Т. 2. – М.: Недра, 1973. – 782 с.
9. Ярмолук В. В., Коваленко В. И., Сальникова Е. Б., Ковач В. П., Козловский А. М., Котов А. Б., Лебедев В. И. Геохронология магматических пород

- и специфика формирования позднепалеозойской Южно-Монгольской активной окраины Сибирского континента // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2008. – Т. 16, № 2. – С. 59–80.
10. *Badarch G., Cunningham W. D., Windley B. F.* A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia // *Journal of Asian Earth Sciences*. – 2002. – V. 21. – P. 87–110.
 11. *Bayarjargal B., Kelty T., Tseveendorj B., Gankhuu G.* The Olon Ovoot orogenic gold deposit, Southern Mongolia: structural and stable isotope constraints / 2014 GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia, October 2014. – P. 19–22.
 12. *Bignall G., Batkhishig B., Tsuchiya N., Delgertsogt B.* The Shuteen Cu-Au porphyry deposit / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 216–221.
 13. *Dejidmaa G.* Mineral resources and metallogenic belts in Southern Mongolia / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 149–153.
 14. *Gombojav Jargaljav, Kavalieris Imants.* The Au-Cu deposit Central Oyu, South Gobi, Mongolia // *Proceedings of the Siberian department of Russian Academy of Natural Sciences*. – 2006. – No. 3. – P. 15–21.
 15. *Enkhjargal B. and Jargalan S.* Porphyry copper deposits in South Mongolia // *Journal of the Society of Resource Geology*. – 2016. – V. 66 (3). – P. 135–146.
 16. *Khashgerel B.-E., Kavalieris I., Hayashi K. I.* Mineralogy, textures, and wholerock geochemistry of advanced argillic alteration: Hugo Dummett porphyry Cu-Au deposit, Oyu Tolgoi mineral district, Mongolia // *Mineralium Deposita*. – 2008. – V. 43. – P. 913–932.
 17. *Khashgerel B.-E., Rye R. O., Hedenquist J. W., Kavalieris I.* Geology and reconnaissance isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia // *Economic Geology*. – 2006. – V. 101, No 3. – P. 503–522.
 18. *Kirwin D. J., Forster C. N., Kavalieris I., Crane D., Orssich C., Panther C., Garamjav D., Munkhbat T. O., Niislelkhoo G.* The Oyu Tolgoi copper-gold porphyry deposits, South Gobi, Mongolia / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 155–168.
 19. *Kirwin D. J., Wilson C. C., Turmagnai D., Wolfe R.* Exploration history, geology and mineralization of the Kharmagtai gold-copper porphyry district, South Gobi region, Mongolia / Seltmann R., Gerel O., Kirwin D. J. (Eds). *Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits*. IAGOD Guidebook Series 11. – London, 2005. – P. 175–191.
 20. *Lamb M. A. and Cox D.* New Ar-Ar age data for porphyry copper deposits and host rock of Mongolia // *Economic Geology*. – 1998. – V. 93. – P. 524–526.
 21. *Mueller D., Franz L., Herzig P. M., Hunt S.* Potassic igneous rocks from the vicinity of epithermal gold mineralization, Linir Island, Papua New Guinea // *Lithosphere*. – 2001. – V. 57, No. 2–3. – P. 163–186.
 22. *Sarantuya O., Nakanishi T., Yonezu K., Tindell T., Boyce A., Watanabe K., and Sereenen J.* Ore mineralogy, and fluid inclusion and stable isotope study of the Olon Ovoot gold deposit, Southern Mongolia / Abstracts and oral/poster presentations from SEG 2017: Ore Deposits of Asia: China and Beyond held in Beijing, China, 2017.
 23. *Sillitoe R. H.* Porphyry copper systems // *Economic Geology*. – 2010. – V. 105. – P. 3–41.
 24. *Wainwright A. J.* Volcanostratigraphic Framework and Magmatic Evolution of the Oyu Tolgoi Porphyry Cu-Au District, South Mongolia. Unpublished PhD thesis. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2008. – 277 p.
 25. *Watanabe Y. and Stein H.* Re-Os ages for Erdenet and Tsagaan Suvurga porphyry Cu-Mo deposits, Mongolia, and tectonic implications // *Economic Geology*. – 2000. – V. 95. – P. 1537–1542.
 26. *Yakubchuk A., Degtyarev K., Maslennikov V., Wurst A., Stekhin A., Lobanov K.* Tectonomagmatic settings, architecture, and metallogeny of the Central Asian Copper Province / Hedenquist J. W., Harris M., Camus F. (Eds.). *Geology and Genesis of Major Copper Deposits and Districts of the World, A Tribute to Richard H. Sillitoe*. – Society of Economic Geologists, 2012. – V. 16, Spec. Publ. – P. 403–432.



References

1. Amantov V. A., Blagonravov V. A., Borzakovskii Yu. A., Durante M. V., Zonenshain L. P., Luvsandanzan B., Matrosov P. S., Suetenko O. D., Filippova I. B., Khasin R. A. Osnovnye cherty stratigrafii paleozoya Mongol'skoi Narodnoi Respubliki [Main features of the paleozoic stratigraphy of the Mongolian People's Republic], *Stratigrafiya i tektonika Mongol'skoi Narodnoi Respubliki. Trudy sovместnoi Sovetsko-Mongol'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 1* [Stratigraphy and tectonics of the Mongolian People's Republic. Proceedings of the joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 1], Moscow, Nauka Publ., 1970, pp. 8–63.
2. Zhargalzhav Gombozhavyn. Rudy i metasomatity zoloto-mednogo mestorozhdeniya Tsentral'nyi Oyuu (Yuzhnaya Mongoliya) : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk [Ores and metasomatites of the Central Oyu gold-copper deposit (Southern Mongolia): abstract of a dissertation for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences], Irkutsk, 2009, 24 p.
3. Zhargalzhav Gombozhavyn, Imants Kavaleries. Zoloto-mednoe mestorozhdenie Tsentral'nyi Oyuu. Yuzhnaya Gobi, Mongoliya [Central Oyu gold-copper deposit. South Gobi, Mongolia], *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya sektsii nauk o Zemle RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii* [Bulletin of the Siberian Branch of the Earth Sciences Section of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits], 2006, No 3 (29), pp. 15–21. (In Russ.)
4. Zadorozhnyi M. V., Zol'nikov I. D., Glushkova N. V. Detal'noe geologicheskoe kartografirovaniye Olon-Ovootskogo zolotorudnogo uzla (Yuzhnaya Mongoliya) na osnove deshifirovaniya kosmosnimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya [Detailed geological mapping of the Olon-Ovoot gold ore cluster (Southern Mongolia) based on interpretation of medium and high spatial resolution space images], *Issledovanie zemli iz kosmosa* [Earth Exploration from Space], 2019, No 5, pp. 59–71. (In Russ.)
5. Zaitsev P. S., Luvsandanzan B., Menner V. V., Pavlova T. G., Peive A. V., Timofeev P. P., Tomortpogoo O., Yanshin A. L. Magmatizm i metallogeniya Mongol'skoi narodnoi respubliki. Trudy Sovместnoi sovetsko-mongol'skoi nauchno-issledovatel'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 4 [Magmatism and metallogeny of the Mongolian People's Republic. Proceedings of the joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 4], Moscow, Nauka Publ., 1971, 158 p.
6. Kovalenko V. I., Yarmolyuk V. V. Evolyutsiya magmatizma v strukturakh Mongolii [Evolution of magmatism in the structures of Mongolia], *Evolyutsiya geologicheskikh protsessov i metallogeniya Mongolii. Trudy Sovместnoi sovetsko-mongol'skoi nauchno-issledovatel'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 49* [Evolution of geological processes and metallogeny of Mongolia. Proceedings of the joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 49], Moscow, Nauka Publ., 1990, pp. 23–54.
7. Kuznetsov V. A. Nekotorye voprosy metallogenii Mongolii i zakonomernosti razmeshcheniya epitermal'nogo orudneniya, svyazannogo s mezozoiskoi aktivizatsiei [Some issues of metallogeny of Mongolia and patterns of distribution of epithermal mineralization associated with Mesozoic activation], *Geologiya i magmatizm Mongolii. Trudy Sovместnoi sovetsko-mongol'skoi nauchno-issledovatel'skoi geologicheskoi ekspeditsii. Vypusk 30* [Geology and magmatism of Mongolia. Proceedings of joint Soviet-Mongolian geological expedition. Issue 30], Moscow, Nauka Publ., 1979, pp. 68–77.
8. Marinov N. A., Zonenshain L. P., Blagonravov V. A. Magmatizm, metamorfizm, tektonika [Magmatism, metamorphism, tectonics], *Geologiya Mongol'skoi narodnoi respubliki. T. 2* [Geology of the Mongolian People's Republic. V. 2], Moscow, Nedra Publ., 1973, 782 p.
9. Yarmolyuk V. V., Kovalenko V. I., Sal'nikova E. B., Kovach V. P., Kozlovskii A. M., Kotov A. B., Lebedev V. I. Geokhronologiya magmaticheskikh porod i spetsifika formirovaniya pozdnepaleozoiskoi Yuzhno-Mongol'skoi aktivnoi okrainy Sibirskogo kontinenta [Geochronology of igneous rocks and the specificity of the formation of the late Paleozoic South Mongolian active margin of the Siberian continent], *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya* [Stratigraphy. Geological Correlation], 2008, V. 16, No 2, pp. 59–80. (In Russ.)
10. Badarch G., Cunningham W. D., Windley B. F. A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2002, V. 21, pp. 87–110.
11. Bayarjargal B., Kelty T., Tseveendorj B., Gankhuu G. The Olon Ovoot orogenic gold deposit, Southern Mongolia: structural and stable isotope const-

- rants, 2014 GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia, October 2014, pp. 19–22.
12. Bignall G., Batkhisig B., Tsuchiya N., Delgertsogt B. The Shuteen Cu-Au pophyry deposit, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 216–221.
 13. Dejidmaa G. Mineral resources and metallogenic belts in Southern Mongolia, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 149–153.
 14. Gombojav Jargaljav, Kavalieris Imants. The Au-Cu deposit Central Oyu, South Gobi, Mongolia, *Proceedings of the Siberian department of Russian Academy of Natural Sciences*, 2006, No 3, pp. 15–21.
 15. Enkhjargal B. and Jargalan S. Porphyry copper deposits in South Mongolia, *Journal of the Society of Resource Geology*, 2016, V. 66 (3), pp. 135–146.
 16. Khashgerel B. E., Kavalieris I., Hayashi K. I. Mineralogy, textures, and wholerock geochemistry of advanced argillic alteration: Hugo Dummett porphyry Cu-Au deposit, Oyu Tolgoi mineral district, Mongolia, *Mineralium Deposita*, 2008, V. 43, pp. 913–932.
 17. Khashgerel B.-E., Rye R. O., Hedenquist J. W., Kavalieris I. Geology and reconnaissance isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia, *Economic Geology*, 2006, V. 101, No 3, pp. 503–522.
 18. Kirwin D. J., Forster C. N., Kavalieris I., Crane D., Orssich C., Panther C., Garamjav D., Munkhbat T. O., Niislekhuu G. The Oyu Tolgoi copper-gold porphyry deposits, South Gobi, Mongolia, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 155–168.
 19. Kirwin D. J., Wilson C. C., Turmagnai D., Wolfe R. Exploration history, geology and mineralization of the Kharmagtai gold-copper porphyry district, South Gobi region, Mongolia, Geodynamics and Metallogeny of Mongolia with a special Emphasis on Copper and Gold Deposits. IAGOD Guidebook Series 11, London, 2005, pp. 175–191.
 20. Lamb M. A. and Cox D. New Ar-Ar age data for porphyry copper deposits and host rock of Mongolia, *Economic Geology*, 1998, V. 93, pp. 524–526.
 21. Mueller D., Franz L., Herzig P. M., Hunt S. Potassic igneous rocks from the vicinity of epithermal gold mineralization, Linir Island, Papua New Guinea, *Lithosphere*, 2001, V. 57, No 2–3, pp. 163–186.
 22. Sarantuya O., Nakanishi T., Yonezu K., Tindell T., Boyce A., Watanabe K., and Sereenen J. Ore mineralogy, and fluid inclusion and stable isotope study of the Olon Ovoot gold deposit, Southern Mongolia, Abstracts and oral/poster presentations from SEG 2017: Ore Deposits of Asia: China and Beyond held in Beijing, China, 2017.
 23. Sillitoe R. H. Porphyry copper systems, *Economic Geology*, 2010, V. 105, pp. 3–41.
 24. Wainwright A. J. Volcanostratigraphic Framework and Magmatic Evolution of the Oyu Tolgoi Porphyry Cu-Au District, South Mongolia. Unpublished PhD thesis. University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2008, 277 p.
 25. Watanabe Y. and Stein H. Re-Os ages for Erdenet and Tsagaan Suvurga porphyry Cu-Mo deposits, Mongolia, and tectonic implications, *Economic Geology*, 2000, V. 95, pp. 1537–1542.
 26. Yakubchuk A., Degtyarev K., Maslennikov V., Wurst A., Stekhin A., Lobanov K. Tectonomagmatic settings, architecture, and metallogeny of the Central Asian Copper Province, Geology and Genesis of Major Copper Deposits and Districts of the World, A Tribute to Richard H. Sillitoe, Society of Economic Geologists, 2012, V. 16, Spec. Publ., pp. 403–432.

Гаськов Иван Васильевич (gaskov@igm.nsc.ru)

ведущий научный сотрудник

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Гетерорудоносные региональные проницаемые зоны плитного комплекса Восточно-Сибирской платформы

Молчанов А. В.

ФГБУ «Институт Карпинского», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В статье автор, отходя от известных постулатов по локализации месторождений, в частности, золота, урана, редкоземельных металлов, в хорошо изученных, определившихся как рудоносные, тектонических структурах – вулканоплутонических поясах, складчато-надвиговых областях, зонах активизации щитов древних платформ, обосновывает существование гетерорудоносных региональных проницаемых зон, картируемых, в частности, в плитном комплексе Восточно-Сибирской платформы.

Предложена геолого-генетическая модель гетерорудоносных региональных проницаемых зон, представляющих собой длительно живущие зоны глубокого заложения, в пределах которых проявлен нижнекоровый – верхнемантийный кимберлитовый магматизм, а также магматизм среднего и кислого состава, источником которого выступают промежуточные магматические очаги в верхних частях земной коры, отвечающие за формирование рудно-метасоматических образований. В статье подчёркивается, что охарактеризованные гетерорудоносные зоны представляют отчётливый прогностический интерес. Указывается, что в пределах алмазоносных металлогенических зон Восточно-Сибирской платформы следует проводить прогнозно-поисковые, поисковые работы не только на алмазы, но и на месторождения коренного золота, редкоземельных, редкометалльных, халькофильных полезных ископаемых.

Приведены рекомендации по проведению прогнозно-поисковых работ масштаба 1 : 200 000–1 : 50 000 и (или) геолого-минерогенического картирования того же масштаба в пределах Уджинской, Билляхско-Тыркандинской и Ангарской гетерорудоносных проницаемых зон.

Ключевые слова: рудоносность, проницаемые зоны, плитный комплекс, Восточно-Сибирская платформа, Якутия.

Для цитирования: Молчанов А. В. Гетерорудоносные региональные проницаемые зоны плитного комплекса Восточно-Сибирской платформы. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 45–57. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10007.

Hetero-ore-bearing regional permeable zones in the plate complex of the East Siberian platform

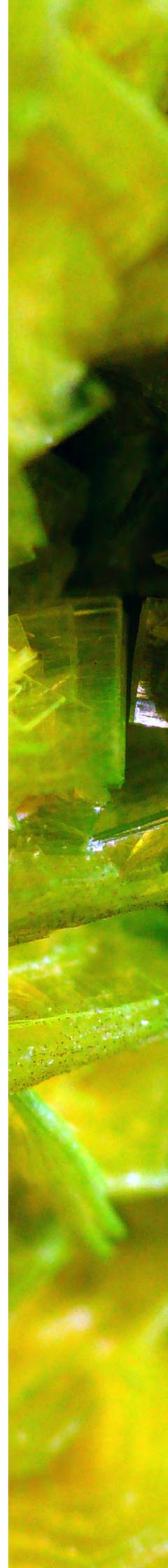
Molchanov A. V.

Federal State Budgetary Institution "Karpinsky Institute", St. Petersburg, Russia

Annotation. The article considers hetero-ore-bearing regional permeable zones identified by the author in rocks of the plate complex of the East Siberian Platform. A geological and genetic model of these ore-bearing zones is proposed. Recommendations are given for carrying out geological forecasting and prospecting at a scale of 1 : 200 000 to 1 : 50 000 and (or) geological and minerogenic mapping at the same scale within the limits of the Udzha, Billyakh-Tyrkanda, and Angara hetero-ore-bearing permeable zones described in the article. It is indicated that it is possible to identify ore deposits of precious, rare earth, and rare metals in the known diamond-bearing metallogenic zones of the East Siberian Platform, in addition to the fields of diamond-bearing kimberlite pipes.

Keywords: ore bearing potential, permeable zones, plate complex, East Siberian platform, Yakutia.

For citation: Molchanov A. V. Hetero-ore-bearing regional permeable zones in the plate complex of the East Siberian platform. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 45–57. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10007.



Введение. В настоящее время на территории Российской Федерации практически не осталось легко открываемых, выходящих на современную дневную поверхность месторождений твёрдых полезных ископаемых. Задел перспективных площадей для их поисков, оставшийся нам от советского времени, также, к сожалению, практически полностью исчерпан, а количество выделяемых новых, хорошо обоснованных в прогнозном отношении поисковых участков явно недостаточно, что объясняется как объективными, так и субъективными причинами.

Как известно, выявление месторождений, не выходящих на современную дневную поверхность, – сложная, экономически затратная задача, для решения которой требуется проведение тщательного металлогенического анализа специалистами в области региональной и специальной металлогении территории страны в целом и отдельных её регионов в масштабе от 1 : 2 500 000 до 1 : 50 000, с привлечением для обоснования перспективных участков комплекса современных методов и методик прогноза. В результате проведённых таким образом исследований будут локализованы участки, где проявлены прогнозные критерии и поисковые признаки, сочетание которых в едином геологическом пространстве укажет на возможность выявления разноранговых рудных объектов.

Для локализации новых перспективных площадей под поиски месторождений твёрдых полезных ископаемых, помимо применения современных методов и методик поисковых исследований, необходимо, по нашему мнению, отойти от известных постулатов по локализации месторождений, в частности золота, урана, редкоземельных, редких, халькофильных металлов в хорошо изученных, определившихся как рудоносные тектонических структурах – вулкано-плутонических поясах, складчато-надвиговых областях, зонах активизации щитов древних платформ. Необходимо обосновать возможность локализации месторождений и в иных геолого-структурных обстановках, которые до настоящего времени не рассматривались как рудоносные и, соот-

ветственно, не подвергались тщательным поисковым исследованиям на комплекс твёрдых полезных ископаемых. Тем самым будет выполнен определённый прорыв в теоретических представлениях о возможных структурах проявления магматогенно-гидротермального рудообразования с формированием месторождений твёрдых полезных ископаемых. Это возможно на основе анализа и обобщения имеющихся эмпирических данных по:

- структурным условиям локализации оруденения;
- масштабам развития и типам рудоносных гидротермально-метасоматических образований;
- региональным длительно живущим проницаемым зонам глубокого заложения, картируемым в отложениях плитного комплекса древних платформ, т. е. в структурах, не рассматривавшихся ранее в качестве основных перспективных на золотое, редкоземельное, редкометалльное, халькофильное оруденение. К таковым нами относятся *гетерорудоносные региональные проницаемые зоны*, картируемые в плитном комплексе Восточно-Сибирской платформы, в частности – *Ангарская, Билляхско-Тыркандинская, Уджинская зоны*.

Под гетерорудоносными региональными проницаемыми зонами нами понимаются зоны, изобилующие разноранговыми разрывными нарушениями, включая разломы глубокого заложения и длительного развития, характеризующиеся масштабной миграцией флюидов из глубинных магматических очагов в пределах верхней мантии и земной коры. Причём в разрезе последней могут формироваться промежуточные магматические очаги, продуцирующие масштабные проявления магматических интрузий и разноформационных типов рудоносных гидротермально-метасоматических образований, в том числе и месторождений твёрдых полезных ископаемых.

Геолого-генетическая модель гетерорудоносной региональной проницаемой зоны. Во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского специалистами отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископае-

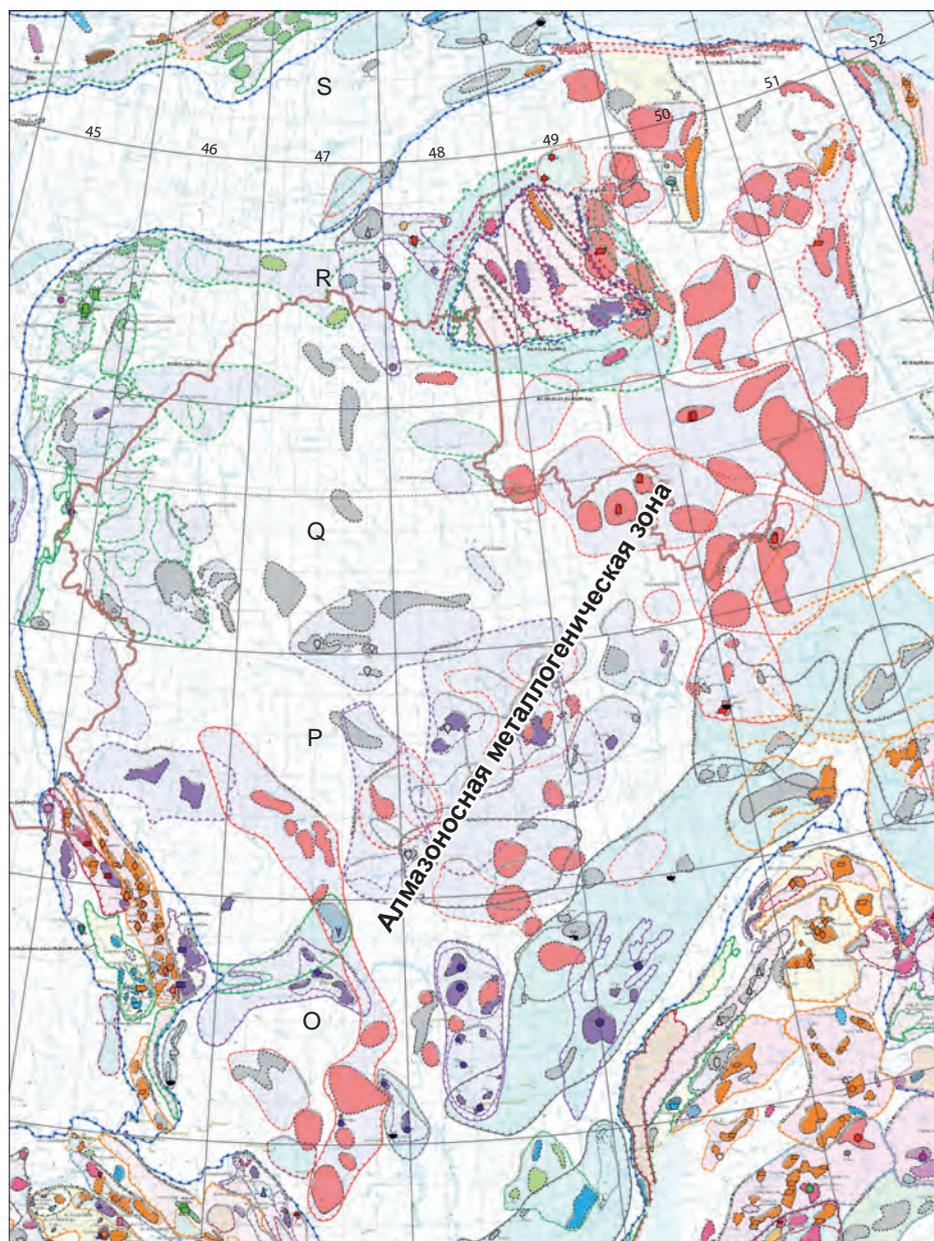


Рис. 1. Фрагмент прогнозно-минерагенической карты территории Российской Федерации и её континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 0000 с алмазоносной металлогенической зоной [12]

Fig. 1. Fragment of the forecasting-minerogenic map of the territory of the Russian Federation and its continental shelf at a scale of 1 : 2 500 0000 with a diamond-bearing metallogenic zone [12]

ных составлена прогнозно-минерагеническая карта территории России и её континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000 [12], на которой в пределах Восточно-Сибирской минерагенической провинции показаны протяжённые алмазоносные минерагенические зо-

ны (рис. 1) северо-восточного простирания с полями локализации кимберлитовых тел, индикаторных минералов кимберлитов и россыпными концентрациями собственно алмазов (контуры полей, закрашенные красным цветом).



Рис. 2. Джаспероиды с сульфидной минерализацией из отвалов карбонатных пород кимберлитовых трубок Дачная (а), XXIII съезда КПСС (b); рудные (гематит-пирит-халькопирит) образцы карстовой полости в коренных выходах терригенно-карбонатных отложений вблизи карьера кимберлитовой трубки Дачная (с, d)

Fig. 2. Jasperoids with sulfide mineralization from dumps of carbonate rocks of the kimberlite pipes Dachnaya (a) and XXIII Congress of the CPSU (b); ore (hematite-pyrite-chalcopyrite) samples from a karst cavity in an outcrop of terrigenous-carbonate deposits near the quarry of the Dachnaya kimberlite pipe (c, d)

При проведении полевых работ в пределах листов Госгеолкарты 1000/3 (листы Р-51, Р-50) во время изучения «отвалов» карбонатных пород и их коренных выходов вблизи карьеров кимберлитовых трубок Мир, Интернациональная, XXIII съезда КПСС, Дачная и др., установлены новообразования сульфидной минерализации, многочисленные мелкие жилки кальцита, доломита, арагонита и кварца как по карбонатным породам, так и по кимберлитам. В карбонатных породах идентифицированы низкотемпературные гидротермально-метасоматические образования – джаспероиды, характеризующиеся наличием пустот выщелачивания, стенки которых инкрустированы мелкими многочисленными кристалликами кварца и сульфидов (рис. 2, а), а также гнезда и прожилки сульфидов (см. рис. 2, b).

Кимберлиты, также сульфидизированные, подверглись жильной и гнездовой кальцитизации и окварцеванию. Кроме того, в образцах кимберлитов из различных районов Якутии, выставленных в Музее кимберлитов в городе Мирный, отмечается проявление точечной-

прожилковой сульфидизации, кальцитизации и окремнения. В отчётных материалах, а также по данным наших полевых наблюдений, вблизи полей развития кимберлитовых трубок нередко фиксируется масштабное развитие более поздних карстовых полостей с обильной окисной и сульфидной минерализацией (см. рис. 2, с, d).

Следует отметить, что уже сейчас АК «АЛРОСА» в Мирнинско-Нюрбинском ГОК планирует совместно с алмазами добывать золото из алмазоносных россыпей реки Ирелях. По данным Вилюйской экспедиции, на баланс здесь поставлено 43 килограмма золота. Кроме того, в пределах Алдано-Вилюйской золотоносной провинции, выделенной сотрудниками отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ФГБУ «Институт Карпинского» [10], полевые работы, выполненные в 2021 г. в бассейне рек Намылдиллах и Марха (лист Р-51-XXVII), показали совместное нахождение в аллювиальных россыпях минералов спутников алмазов, мелких обломков кимберлитов и золота двух



типов – хорошо окатанных и комковатых золотин. Помимо этого, здесь известны проявления коренной золоторудной минерализации, ореолы джаспероидов и березитов.

В структурно-тектоническом отношении рудные объекты указанных полезных ископаемых и ореолов гидротермально-метасоматических образований приурочены к Чаро-Синской проницаемой зоне, трассируемой на дневной поверхности дайками базитов и сиенитов, зонами брекчирования. Чаро-Синская проницаемая зона отчётливо фиксируется линейными, редко округлыми, аэромагнитными аномалиями, что показано в АГСМ-материалах АО «Аэрогеофизика», полученных при проведении работ в 2023–2024 гг. на листах Р-51-XXVII (Чаро-Синская площадь), Р-51-XXVI (Наманинская площадь).

По нашему мнению, в пределах Республики Саха (Якутия) протяжённые и широкие алмазоносные минерагенические зоны, показанные на прогнозно-минерагенической карте территории Российской Федерации и её континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000, представляют собой длительно живущие зоны глубокого заложения, в пределах которых проявлен нижнекоровый-верхнемантийный кимберлитовый магматизм, а также магматизм среднего и кислого состава, источником которого выступают промежуточные магматические очаги в верхних частях земной коры, отвечающие за формирование рудно-метасоматических образований, вещественно зафиксированных зонами сульфидизации, окремнения, окварцевания (рис. 3), а также более поздними карстовыми структурами с сульфидной и окисной минерализацией. В связи с этим можно утверждать, что в пределах алмазоносных металлогенических зон, в том числе и на площади входящих в их состав кимберлитовых полей, следует проводить прогнозно-поисковые, поисковые работы не только на алмазы, но и на месторождения коренного золота, редкоземельных, редкометалльных, халькофильных полезных ископаемых. Таким образом, региональные проницаемые зоны, располагающиеся в плитном комплексе Восточно-Сибирской платформы, представляют отчётливый прогностический интерес как ге-

терорудоносные структуры, заслуживающие проведения поисковых работ на выявление месторождений различных видов твёрдых полезных ископаемых, включая стратегические.

Геолого-генетическая модель гетерорудоносной региональной проницаемой зоны, представленная на рис. 3, показывает возможность локализации в пределах данной зоны как алмазоносных кимберлитовых трубок, за формирование которых ответственен глубинный (нижнекоровый, верхнемантийный) магматический очаг базит-ультрабазитовой магмы, так и благороднометалльного, халькофильного, редкометалльного оруденения, формирующегося за счёт магматогенно-метасоматических процессов, обусловленных действием малоглубинного (внутрикорового) очага гранитоидной магмы.

На дневной поверхности, в карбонатных, терригенно-карбонатных породах, рассматриваемые зоны трассируются разрывными нарушениями, зонками брекчирования, дайковыми телами магматических пород различного петрохимического состава, ореолами средне-, низкотемпературных гидротермально-метасоматических образований (пропилитов, березитов, гумбеитов, джаспероидов), зонками окремнения и флюоритизации, кимберлитовыми трубками, проявлениями сульфидной минерализации, поздними карстовыми полостями с обломками сульфидной и окисной минерализации, аллювиальными россыпными концентрациями алмазов, минералов-спутников алмазов, благородных металлов.

Ангарская гетерорудоносная региональная проницаемая зона (рис. 4) на дневной поверхности фиксируется наличием гидротермально-метасоматических образований, месторождений и рудопроявлений железа, свинца, исландского шпата, меди, солей. Выделяется и по материалам геофизических съёмок (рис. 5). В пределах зоны известны алмазоносные кимберлитовые поля (см. рис. 1).

В пределах Ангарской гетерорудоносной зоны выделены 14 рудных узлов, составляющих пять рудных районов (см. рис. 4). Здесь известны крупные месторождения железа – Нерюндинское, Пономарёвское, Капаевское,

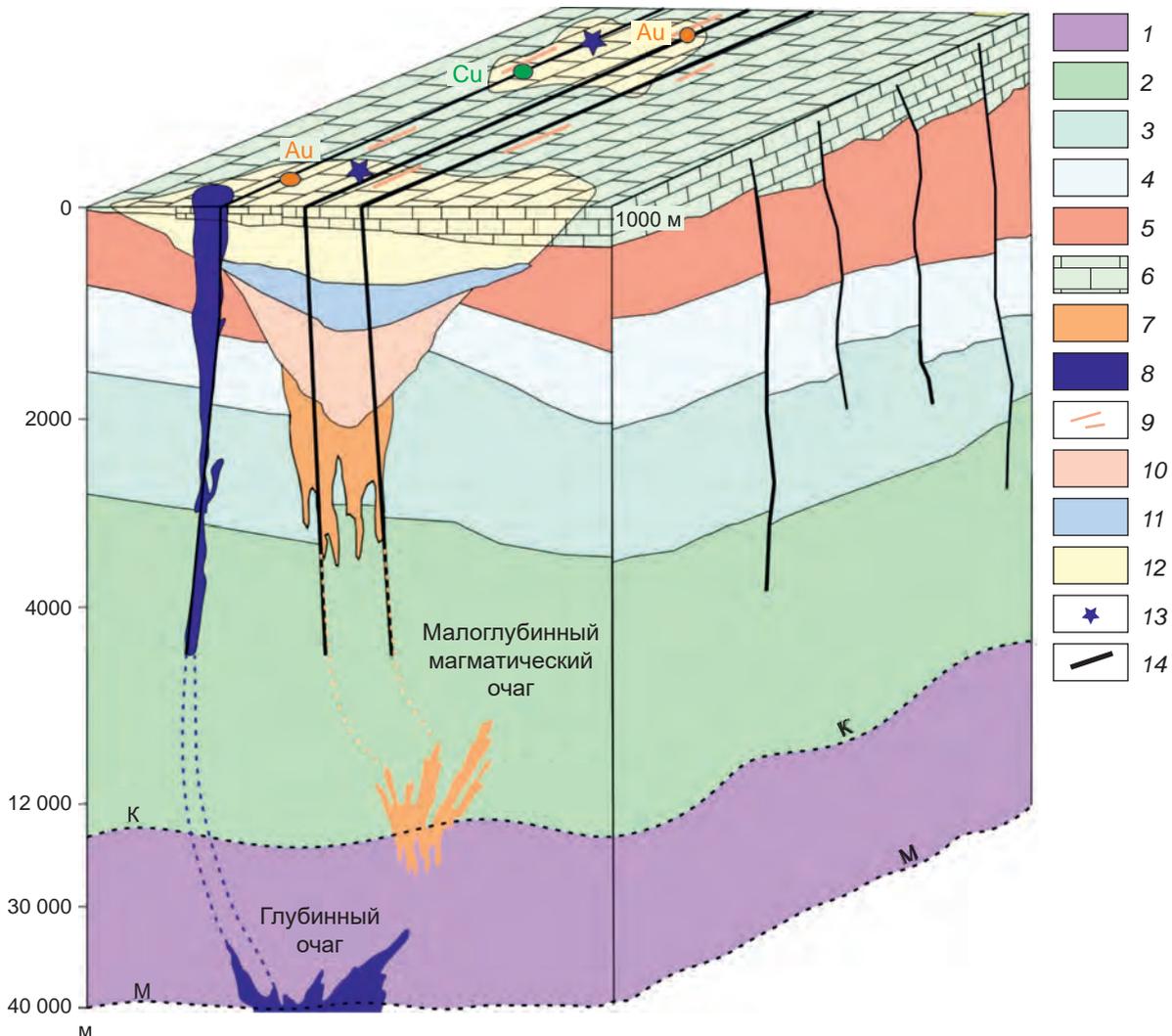


Рис. 3. Геолого-генетическая модель гетерорудоносной региональной проницаемой зоны:

1 – нижняя земная кора; 2–5 – верхняя земная кора; 6 – плитный комплекс; 7 – малоглубинный магматический очаг, продуцирующий интрузии пород кислого, среднего состава; 8 – глубинный магматический очаг с трубками кимберлитов; 9 – дайки пород кислого, среднего состава; 10–12 – ореолы рудоносных гидротермально-метасоматических новообразований (10 – высоко-, 11 – средне-, 12 – низкотемпературных); 13 – выходы кимберлитовых трубок на дневную поверхность; 14 – разломы

Fig. 3. Geological-genetic model of a hetero-ore-bearing regional permeable zone:

1 – lower Earth's crust; 2–5 – upper Earth's crust; 6 – plate complex; 7 – shallow magmatic chamber producing silicic and intermediate intrusions; 8 – deep magmatic chamber with kimberlite pipes; 9 – silicic and intermediate dikes; 10–12 – halos of ore-bearing hydrothermal-metasomatic formations (10 – high-temperature, 11 – medium-temperature, 12 – low-temperature); 13 – outcrops of kimberlite pipes to the surface; 14 – faults

Молдаванское, представляющие собой рудоносные скарны и магнетитовые тела, залегающие в вулканических диатремах триасового возраста, прорывающих горизонтально залегающие отложения палеозоя. В качестве попутного компонента на железорудных ме-

сторождениях выступает исландский шпат. Имеются месторождения солей. Наиболее крупное Нерюндинское месторождение железа локализовано в субшироко вытянутой диатреме, прорывающей породы нижнего и верхнего палеозоя. С глубиной происходит сокращение

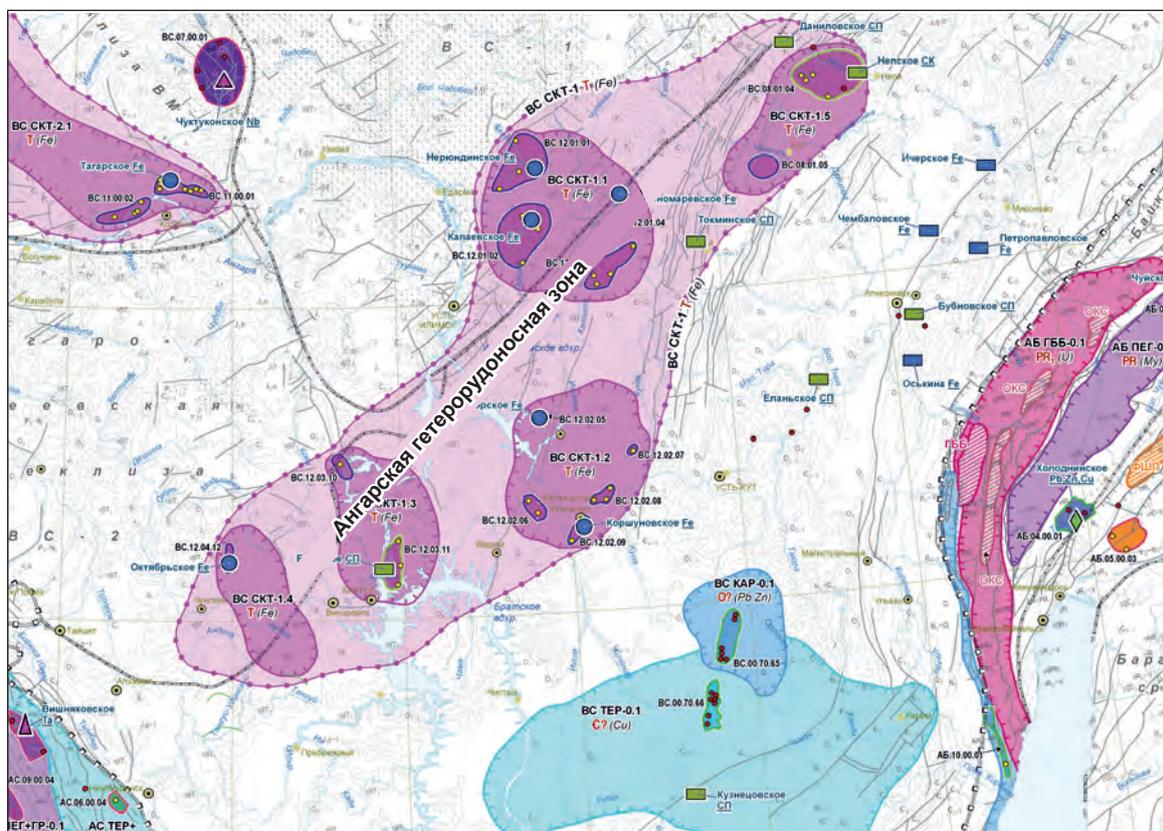


Рис. 4. Фрагмент карты рудоносных гидротермально-метасоматических формаций России масштаба 1 : 5 000 000 [6]. Положение Ангарской гетерорудоносной региональной проницаемой зоны

Fig. 4. Fragment of the map of ore-bearing hydrothermal-metasomatic formations of Russia, Scale 1 : 5 000 000 [6]. Position of the Angara hetero-ore-bearing regional permeable zone

площади её горизонтального сечения. Диаметр выполнена explosивными брекчиями смешанного состава, в которых наряду с вулканическим материалом рассеяны многочисленные обломки и глыбы боковых осадочных пород. Повсеместно встречаются обломки долеритов. Брекчиевый материал, выполняющий диатрему, в значительной степени скарпирован.

Имеется несколько рудопроявлений меди формации медистых песчаников с халькозином, халькопиритом, ковеллином, борнитом, малахитом, азурином, теноритом, купритом и медью самородной, участками в ассоциации с галенитом, баритом, сфалеритом и серебром. Проявления приурочены к сероцветной карбонатно-терригенной формации верхнего кембрия. Известны проявления свинцовой ми-

нерализации стратиформного типа. Минерализация связана с песчаниками, водорослевыми известняками и доломитами базального горизонта нижнего ордовика и представлена галенитом.

Ангарская гетерорудоносная региональная проницаемая зона на дневной поверхности отражается в геофизических полях повышенными значениями аномального магнитного и гравитационного полей, а также аэrorадио-геохимическими зонами повышенных содержаний калия, урана и тория. Кроме того, на геологически интерпретированном сейсмическом профиле (Батолит-1-СБ) имеются массивы гранитоидов и тектонитов (см. рис. 5).

На рисунке приведены результаты геолого-геофизической интерпретации данных МОВ ОГТ и других геофизических данных по про-

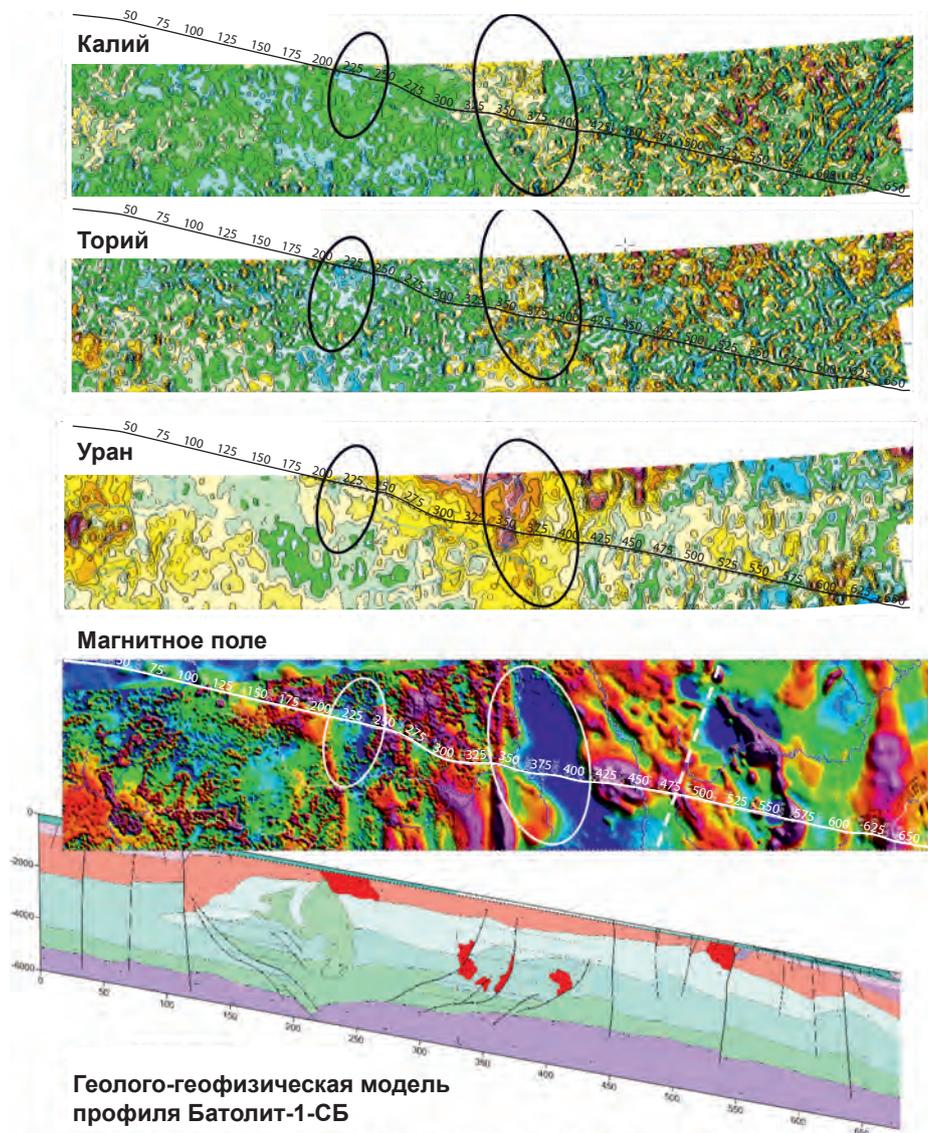


Рис. 5. Отражение Ангарской гетерорудоносной региональной проницаемой зоны в геофизических полях и на геологически проинтерпретированном сейсмическом профиле Батолит-1СБ [1]: на профиле Батолит-1СБ красным цветом показаны тела гранитоидов; эллипсы на геофизических картах – положение проницаемой зоны

Fig. 5. Reflection of the Angara hetero-ore-bearing regional permeable zone in geophysical fields and on the geologically interpreted seismic profile Batholith-1SB [1]: on the Batholith-1SB profile, granitoid bodies are shown in red; the ellipses on the geophysical maps indicate position of the permeable zone

филю Батолит-1-СБ, выполненной специалистами Енисей- и Иркутск-геофизики с участием Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН: выделены магматические тела кислого и среднего состава.

Билляхско-Тыркандинская гетерорудоносная региональная проницаемая зона отчётливо прослеживается в аномальном магнитном поле протяжённой положительной аномалией на восточном фланге плитного комплекса



Восточно-Сибирской платформы от северной оконечности Анабарского щита до южного фланга Алданского щита (рис. 6). На северном фланге рассматриваемая зона прослеживается на дневной поверхности в геологических структурах Анабарского щита Билляхской тектоно-флюидитной зоной, отделяющей Далдынский и Хапчанский блоки архей-раннепротерозойской консолидации. В пределах щита зона характеризуется минимальными значениями гравитационного поля и особенностями геологического строения, выраженными в широком развитии в её пределах гранитоидных интрузий раннепротерозойского возраста, зон бластокатаклаза и милонитизации, масштабным проявлением разновозрастных гидротермально-метасоматических образований: раннепротерозойского возраста – кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов, пропицитов, эйситов и мезозойского этапа тектоно-магматической активизации – гумбеитов и березитов, с которыми в подобной геолого-структурной обстановке на Алданском и Канадском щитах ассоциируют месторождения урана и редкоземельных металлов (Шарлебуа, Эйс, Фэй, Верна, Августовское, Увальное и др.), урана и золота, молибдена (Эльконское плато, Курунг, Лунное, Северное, Минеевское и др.) [2, 8, 9, 13].

К рассматриваемой гетерорудоносной зоне приурочены многочисленные рудопроявления урана, тория, редкоземельных металлов, золота, меди. На южном фланге Анабарского щита в пределах зоны известны кимберлитовые трубки, в том числе и на её продолжении под плитным комплексом платформы.

Кроме того, в месте перекрытия зоны рифейскими красноцветными терригенными отложениями автором в 2003 г. установлены повышенные значения радиометрического фона в зоне структурно-стратиграфического несогласия (СН) предрифейского возраста, что впоследствии подтверждено АГСМ-работами Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА». При заверке выявленных аэроаномалий бурением вблизи зоны СН было вскрыто урановое оруденение, относимое к «типу несогласия». Электротомографией, выполненной сотрудниками

Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА» в 2005 г., ниже зоны СН установлены вертикальные рудоподводящие каналы, ответственные за формирование в этой части зоны уранового, торий-редкоземельного и редкометалльного оруденения.

На южном фланге *Билляхско-Тыркандинской гетерорудоносной проницаемой зоны* выделяется её «тыркандинская ветвь», закартированная на Алданском щите как Тыркандинская зона разрывных нарушений, отделяющая Алдано-Тимптонский и Тимптоно-Учурский блоки. В вещественном выражении зона представлена бластомилонитами, бластокатаклазитами, реже тектоническими брекчиями. В её пределах широко развиты разновозрастные рудоносные гидротермально-метасоматические образования: кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты, пропилиты, фениты, березиты, гумбеиты, парагенетически связанные с гранитоидами раннего протерозоя и сиенитоидами мезозойского этапа тектоно-магматической активизации щита. Выявлены многочисленные рудопроявления золота, молибдена порфирирового семейства, редкоземельной, радиоактивной (уран-ториевой) минерализации в связи с высокотемпературными метасоматитами [7].

На правом берегу реки Лена в зоне влияния тыркандинской ветви Билляхско-Тыркандинской гетерорудоносной региональной проницаемой зоны среди терригенных, карбонатно-терригенных юрско-кембрийских отложений плитного комплекса известны два кимберлитовых поля: *Мендо-Барылайское* и *Хомпу-Майское* (см. рис. 6).

Билляхско-Тыркандинская гетерорудоносная региональная проницаемая зона заслуживает проведения региональных прогнозно-металлогенетических исследований масштаба 1 : 200 000 и крупнее на комплекс полезных ископаемых, включая алмазы и благороднометалльное оруденение, прежде всего в пределах локальных, дискретных магнитных и гравитационных аномалий.

Уджинская гетерорудоносная региональная проницаемая зона в геологическом отношении сложена однообразной палеозойской,

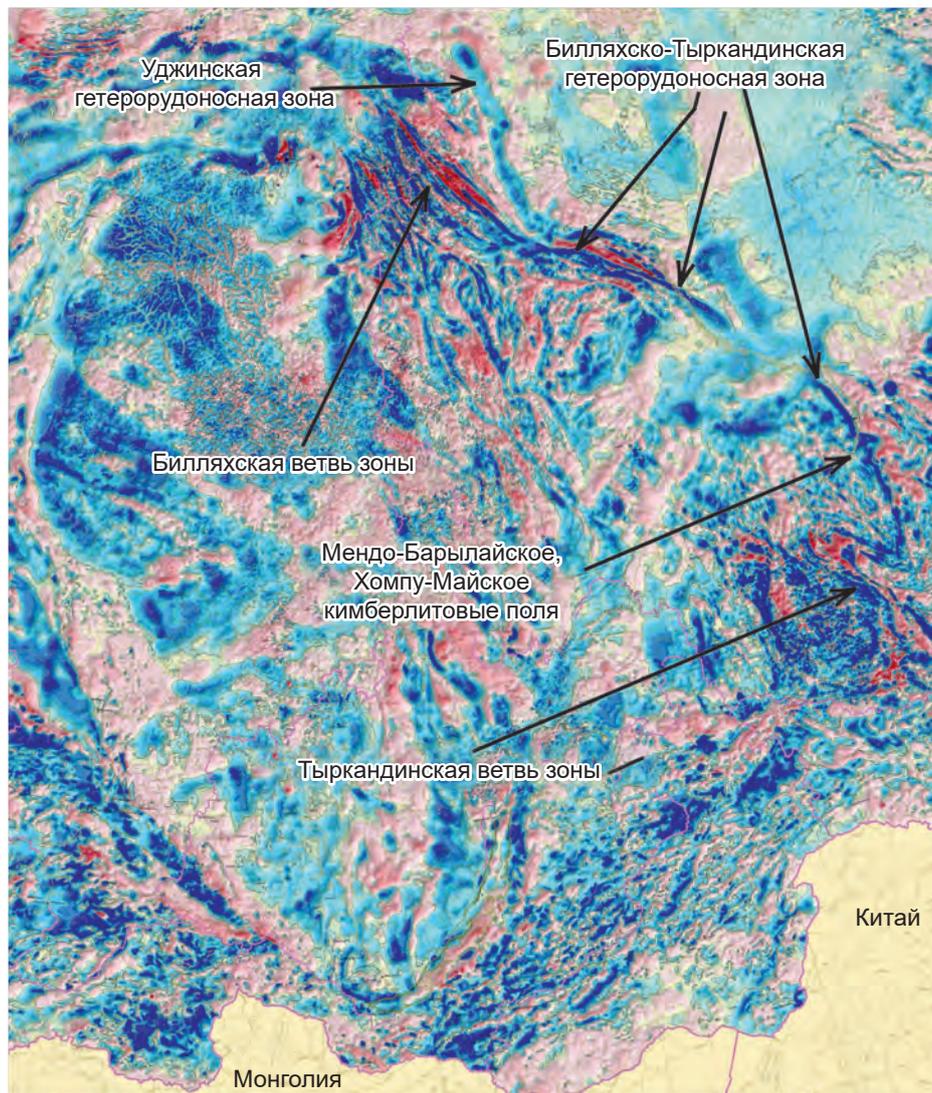


Рис. 6. Положение Билляхско-Тыркандинской гетерорудоносной региональной проницаемой зоны на карте аномального магнитного поля России масштаба 1 : 2 500 000 [5]

Fig. 6. Position of the Billyakh-Tyrkanda hetero-ore-bearing regional permeable zone on the map of anomalous magnetic field of Russia at a scale of 1 : 2 500 000 [5]

мезо-палеозойской карбонатной, карбонатно-терригенной толщей, прорываемой субщелочными малыми интрузиями (Томтор, Богдо и др.), карбонатитами и трубками кимберлитов.

С востока Уджинская гетерорудоносная региональная проницаемая зона (рис. 7) примыкает к Билляхско-Тыркандинской зоне (см. рис. 6) и отражается повышенными значениями гравитационного и аномального магнитного полей с характерным дискретным рас-

пределением локальных аномальных участков (см. рис. 7). К одной из таких дискретных аномалий приурочено редкометалльно-редкоземельное месторождение Томтор [11, 14], уникальное по запасам и уровню содержания полезных компонентов. Севернее данного месторождения имеются локальные гравитационная и магнитная аномалии, близкие по параметрам с аномалиями, к которым приурочено месторождение Томтор. В южной части

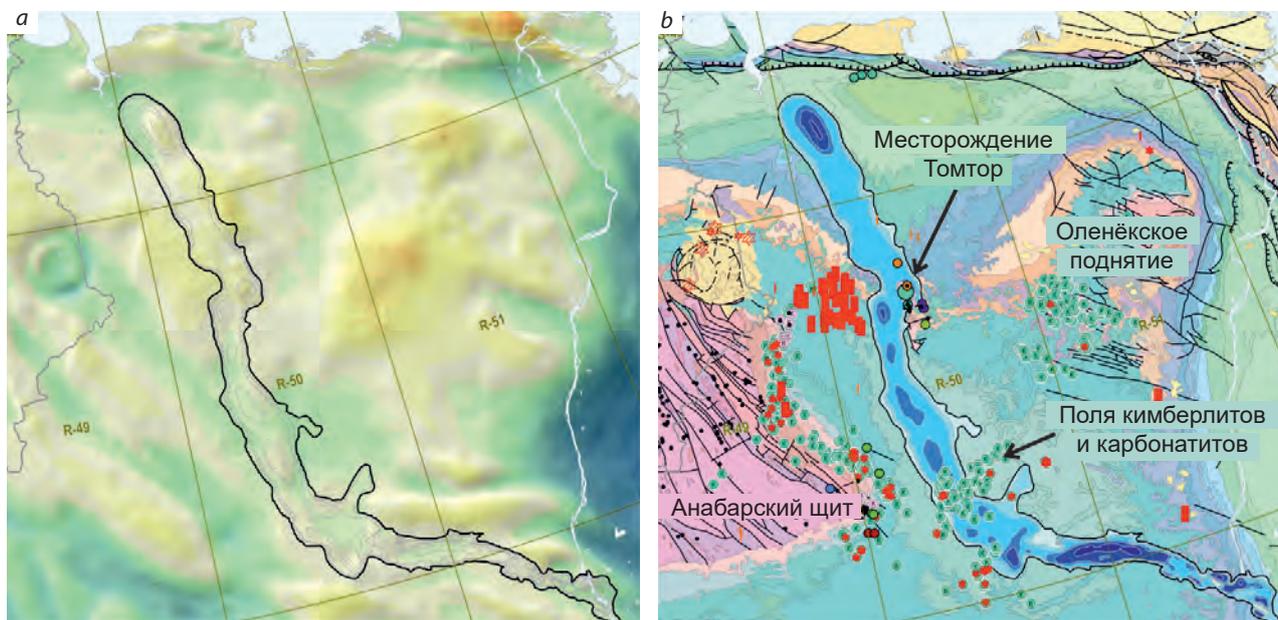


Рис. 7. Проявленность Уджинской гетерорудоносной региональной проницаемой зоны в гравитационном и аномальном магнитных полях [4, 5]:

a – фрагмент карты гравитационного поля России масштаба 1 : 2 500 000 с контуром Уджинской зоны и дискретными аномалиями магнитного поля в изолиниях; *b* – фрагмент геологической карты России масштаба 1 : 2 500 000 [3] с дискретными магнитными аномалиями Уджинской зоны и рудными объектами

Fig. 7. Appearance of the Udzha hetero-ore-bearing regional permeable zone in the gravitational and anomalous magnetic fields [4, 5]:

a – fragment of the gravitational field map of Russia at a scale of 1 : 2 500 000 with the outline of the Udzha zone and discrete magnetic field anomalies in the isolines; *b* – fragment of the geological map of Russia at a scale of 1 : 2 500 000 [3] with discrete magnetic anomalies of the Udzha zone and ore objects

Уджинской зоны также имеются совмещённые положительные аномалии магнитного и гравитационного полей (см. рис. 7).

Кроме того, к Уджинской гетерорудоносной региональной проницаемой зоне приурочены поля кимберлитов, карбонатитов, россыпных концентраций платиноидов. При этом карбонатиты характеризуются повышенными содержаниями ниобия, редкоземельных элементов, бериллия и др.

Уджинская гетерорудоносная региональная проницаемая зона так же, как и Билляхско-Тыркандинская, заслуживает проведение региональных прогнозно-металлогенических исследований масштаба 1 : 200 000 и крупнее на комплекс полезных ископаемых, прежде всего на редкие и редкоземельные металлы, платиноиды, в пределах локальных, дискрет-

ных магнитных и гравитационных аномалий. Наиболее интересна в прогностическом плане локальная аномалия магнитного и гравитационного полей на северном фланге Уджинской зоны. Также следует провести прогнозно-поисковые работы и в пределах локальных аномалий южнее месторождения Томтор.

Заключение. Выделенные и охарактеризованные гетерорудоносные региональные проницаемые зоны – Ангарская, Билляхско-Тыркандинская и Уджинская – в терригенно-карбонатных отложениях плитного комплекса Восточно-Сибирской платформы представляют определённый прогностический интерес в плане локализации в их пределах площадей, благоприятных для выявления разноранговых рудных объектов твёрдых полезных ископаемых.



Для картирования проницаемых зон и локализации в их пределах перспективных рудных площадей наиболее эффективно использование материалов глубинных сейсмических исследований и площадных геофизических данных (магнитометрия, гравиметрия, электроразведка).

На первом этапе прогнозных исследований определение характера и степени проявленности рудоносных гидротермально-метасоматических процессов в отложениях плитного комплекса, а также установление формационного типа рудоносных гидротермально-метасоматических образований и оруденения возможно осуществлять в рамках полевых рекогносцировочных работ.

Список литературы

1. Атаков А. И., Молчанов А. В., Асламов Ю. В., Лохов Д. К. Материалы Рабочего совещания «Состояние работ по созданию Государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин», Санкт-Петербург, 24–25 ноября 2022 г.
2. Дворник Г. П. Серицит-микроклиновые метасоматиты и золотое оруденение Рябиновского рудного поля (Алданский щит) // Литосфера. – 2009. – № 2. – С. 56–66.
3. Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2022.
4. Гравиметрическая карта России и прилегающих акваторий (актуализированная версия). Масштаб 1 : 2 500 000. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2014.
5. Карта аномального магнитного поля России и прилегающих акваторий (актуализированная версия). Масштаб 1 : 2 500 000 / глав. ред. Литвинова Т. П. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2014.
6. Карта гидротермально-метасоматических формаций России. Масштаб 1 : 2 500 000 / Петров О. В., Шатов В. В., Молчанов А. В., Плющев Е. В. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2014.
7. Козлов Д. С., Артемьев Д. С., Молчанов А. В., Терехов А. В., Ашихмин Д. С., Кукушкин К. А. Особенности геологического строения и рудоносность Ломамского потенциального золоторудного района // Разведка и охрана недр. – 2018. – № 3. – С. 11–19.
8. Кочетков А. Я. Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 7. – С. 850–864.
9. Молчанов А. В. Металлогения Алданского и Анабарского щита : автореф. на соискание учёного степен. доктора геол.-минер. наук. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2004.
10. Молчанов А. В., Петров О. В., Терехов А. В. и др. Алдано-Вилуйская провинция – новая рудно-россыпная золотоносная территория на Востоке России // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 88. – С. 39–64.
11. Похиленко Н. П., Афанасьев В. П., Толстов А. В., Крук Н. Н., Похиленко Л. Н., Иванова О. А. Перспективы развития и проблемы освоения сырьевой базы дефицитных стратегических видов твердых полезных ископаемых Сибири // Геология рудных месторождений. – 2023. – Т. 65, № 5. – С. 476–492.
12. Прогнозно-минерагеническая карта Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000 / Петров О. В., Молчанов А. В., Шатов В. В. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2022.
13. Терехов А. В., Молчанов А. В. Флюидный режим формирования рудоносных метасоматитов Эльконского золото-урановорудного узла // Записки Горного Института. – 2013. – Т. 200. – С. 321–326.
14. Толстов А. В., Лапин А. В. Перспективы Томторского рудного поля на месторождения марганца // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2024. – № 4а. – С. 79–86.



References

1. Atakov A. I., Molchanov A. V., Aslamov Yu. V., Lokhov D. K. Materialy Rabochego soveshchaniya «Sostoyanie rabot po sozdaniyu Gosudarstvennoi seti opornykh geologo-geofizicheskikh profilei, parametricheskikh i sverkhglubokikh skvazhin», Sankt-Peterburg, 24–25 noyabrya 2022 g. [Proceedings of the working meeting "Status of Work on the Creation of the State Network of Reference Geological and Geophysical Profiles, Parametric and Superdeep Wells", St. Petersburg, November 24–25, 2022].
2. Dvornik G. P. Seritsit-mikroklinovye metasomatit i zolotoe orudnenie Ryabinovskogo rudnogo polya (Aldanskii shchit) [Sericite-microcline metasomatites and gold mineralization of the Ryabinovskoye ore field (Aldan Shield)], *Litosfera [Lithosphere]*, 2009, No 2, pp. 56–66. (In Russ.)
3. Geologicheskaya karta Rossii i prilegayushchikh akvatorii masshtaba 1 : 2 500 000 [Geological map of Russia and adjacent water areas at a scale of 1 : 2,500,000], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2022.
4. Gravimetricheskaya karta Rossii i prilegayushchikh akvatorii (aktualizirovannaya versiya). Masshtab 1 : 2 500 000 [Gravimetric map of Russia and adjacent waters (updated version). Scale 1 : 2,500,000], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2014.
5. Karta anomal'nogo magnitnogo polya Rossii i prilegayushchikh akvatorii (aktualizirovannaya versiya). Masshtab 1 : 2 500 000 [Map of the anomalous magnetic field of Russia and adjacent waters (updated version). Scale 1 : 2,500,000], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2014.
6. Karta gidrotermal'no-metasomaticheskikh formatsii Rossii. Masshtab 1 : 2 500 000 [Map of hydrothermal-metasomatic formations of Russia. Scale 1 : 2,500,000], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2014.
7. Kozlov D. S., Artem'ev D. S., Molchanov A. V., Terekhov A. V., Ashikhmin D. S., Kukushkin K. A. Osobennosti geologicheskogo stroeniya i rudonosnost' Lomamskogo potentsial'nogo zolotorudnogo raiona [Features of the geological structure and ore content of the Lomama potential gold ore region], *Razvedka i okhrana nedr [Exploration and Protection of Mineral Resources]*, 2018, No 3, pp. 11–19. (In Russ.)
8. Kochetkov A. Ya. Mezozoiskie zolotonosnye rudno-magmaticheskie sistemy Tsentral'nogo Aldana [Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of Central Aldan], *Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]*, 2006, V. 47, No 7, pp. 850–864. (In Russ.)
9. Molchanov A. V. Metallogeniya Aldanskogo i Anabarskogo shchita : avtoref. na soiskanie uchen. step. doktora geol.-miner. nauk [Metallogeny of the Aldan and Anabar shield: dissertation abstract for doctoral degree], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2004.
10. Molchanov A. V., Petrov O. V., Terekhov A. V. et al. Aldano-Vilyuiskaya provintsiya – novaya rudno-rossypnaya zolotonosnaya territoriya na Vostoke Rossii [Aldan-Vilyui province – a new ore-placer gold-bearing territory in the East of Russia], *Regional'naya geologiya i metallogeniya [Regional Geology and Metallogeny]*, 2021, No 88, pp. 39–64. (In Russ.)
11. Pokhilenko N. P., Afanas'ev V. P., Tolstov A. V., Kruk N. N., Pokhilenko L. N., Ivanova O. A. Perspektivy razvitiya i problemy osvoeniya syr'evoi bazy defitsitnykh strategicheskikh vidov tverdykh poleznykh iskopaemykh Sibiri [Development prospects and problems of development of the raw material base of scarce strategic types of solid minerals of Siberia], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of Ore Deposits]*, 2023, V. 65, No 5, pp. 476–492. (In Russ.)
12. Prognozno-mineragenicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii i ee kontinental'nogo shel'fa masshtaba 1 : 2 500 000 [Forecast and mineragenic map of the Russian Federation and its continental shelf at a scale of 1 : 2,500,000], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2022.
13. Terekhov A. V., Molchanov A. V. Flyuidnyi rezhim formirovaniya rudonosnykh metasomatitov El'konskogo zoloto-uranovorudnogo uzla [Fluid regime of formation of ore-bearing metasomatites of the Elkon gold-uranium ore cluster], *Zapiski Gornogo Instituta [Journal of Mining Institute]*, 2013, V. 200, pp. 321–326. (In Russ.)
14. Tolstov A. V., Lapin A. V. Perspektivy Tomtorskogo rudnogo polya na mestorozhdeniya margantsa [Prospects of the Tomtor ore field for manganese deposits], *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri [Geology and Mineral Resources of Siberia]*, 2024, No 4a, pp. 79–86. (In Russ.)

Молчанов Анатолий Васильевич (Anatoly_Molchanov@karpinskyinstitute.ru)

доктор геолого-минералогических наук,

заведующий отделом металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых

ФГБУ «Институт Карпинского», г. Санкт-Петербург, Россия



СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.411 (575.2)

Скарновые месторождения золота в Тянь-Шане (Кыргызстан)**Пак Н. Т., Ивлева Е. А.**

Институт геологии НАН КР, г. Бишкек (Кыргызстан)

Аннотация. Скарновые месторождения золота широко развиты в Кыргызстане. Они составляют около 10 % запасов золота на территории страны, и среди них имеются крупные месторождения с запасами более 70 т. Выделяются три геодинамические обстановки, при которых формируется данный тип месторождений: островодужные обстановки раннего палеозоя, активные континентальные окраины и переходные к коллизии обстановки каменноугольного периода, пермская внутриплитная тектоно-магматическая активизация. В статье дана характеристика некоторых месторождений из каждой геодинамической обстановки, описаны особенности их строения, стадийность, минеральный состав и др.

Предложена принципиальная схема формирования и корреляции крупных, средних и мелких скарновых месторождений золота. Важную роль в образовании золотой минерализации играют околорудные метасоматиты, наложенные на скарны и на окружающие их породы. На ряде месторождений присутствуют редкие и нетрадиционные золотоносные метасоматиты: кварц-полевошпатовые и серпентиниты (апоскарновые), которые являются поисковыми критериями и признаками на золотое оруденение в областях развития скарновых месторождений.

Ключевые слова: геодинамическая обстановка, интрузия, метасоматиты, золото, запасы, стадийность, модель.

Для цитирования: Пак Н. Т., Ивлева Е. А. Скарновые месторождения золота в Тянь-Шане (Кыргызстан). Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 58–73. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10008.

Skarn-related gold deposits in Tian Shan, Kyrgyzstan**Pak N. T., Ivleva E. A.**

Institute of Geology, Kyrgyz Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation. Skarn-related gold deposits are widely distributed in Kyrgyzstan. These deposits account for about 10% of gold reserves of the country, and they include large deposits with the gold reserves exceeding 70 tons. Three geodynamic settings are distinguished associated with formation of this type gold deposits: early Paleozoic island arcs, Carboniferous active continental margins and settings transitional to collisional, and Permian intraplate tectono-magmatic reactivation. This article characterizes several gold deposits and describes their structural features.

A conception of the formation and correlation of large, medium, and small skarn-related gold deposits is proposed. Of important significance for the gold mineralization formation are wallrock metasomatites superimposed on the skarns and their surrounding rocks. A number of the deposits are characterized by the presence of rare and unconventional types of the gold-bearing metasomatites, such as quartz-feldspar ones and hydrothermal (aposkarn) serpentinites, that serve as the prospecting guides and criteria for gold mineralization in areas of distribution of skarn-type ore deposits.

Keywords: geodynamic setting, intrusion, metasomatites, gold, mineral reserves, stages, model.

For citation: Pak N. T., Ivleva E. A. Skarn-related gold deposits in Tian Shan, Kyrgyzstan. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 58–73. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10008.



Территория Кыргызстана составляет около 0,2 млн км² и почти полностью сложена горами Тянь-Шань, которые являются частью Урало-Монгольского складчатого пояса, а в современной трактовке – частью Центрально-Азиатского орогенного пояса. Тянь-Шань в пределах Кыргызстана делится на Северный, Срединный и Южный Тянь-Шань, имеющие в целом субширотную ориентировку (рис. 1). Они отделены друг от друга сутурами палеоокеанических бассейнов. Кроме того, имеется региональный Таласо-Ферганский разлом северо-западного простираения, представляющий собой правосторонний сдвиг с амплитудой около 200 км. Этот разлом делит Срединный Тянь-Шань на Чаткальский (западный) и Нарынский (восточный) секторы, а Южный Тянь-Шань – на западный и восточный секторы.

Геодинамическое развитие Тянь-Шаня имеет длительную историю от архея–протерозоя и доныне. Для формирования скарновых месторождений золота значение имеют геодинамические обстановки палеозойской эры (таблица).

Островодужные обстановки раннего палеозоя развиты в Северном Тянь-Шане, где в связи с ними сформирован субширотный пояс медно-порфировых месторождений, имеющих ордовикский возраст [3]. В западной части этого пояса были сформированы несколько скарновых месторождений золота.

Активные континентальные окраины и переходные к коллизии обстановки каменноугольного возраста расположены в Чаткальском (западном) секторе Срединного Тянь-Шаня. Здесь в связи с сандалаш-чаткальским интрузивным комплексом (C₂₋₃) образовался ряд скарновых месторождений золота.

Внутриплитная тектоно-магматическая активизация пермского возраста проявилась в Срединном и Южном Тянь-Шане. С этой обстановкой связано наибольшее количество скарновых месторождений золота.

В Кыргызстане имеется более 100 месторождений золота [6, 9] (см. рис. 1), в том числе суперкрупное месторождение Кумтор (запасы золота около 1000 т, добыто 470 т) и до де-

сяти крупных месторождений с запасами свыше 70 т. Скарновые месторождения золота отличаются небольшими масштабами и играют незначительную роль в общем балансе производства золота в мире (~ 1 %), однако в пределах Кыргызстана они встречаются довольно часто и составляют около 10 % запасов золота на территории страны. Среди крупных объектов имеются и скарновые месторождения золота:

- крупные (более 70 т) – Макмал, Куру-Тегерек, Чалкуйрюк-Анджилга;
- средние (10–70 т) – Алтын-Джилга, Бозымчак, Кичи-Сандык, Насоновское, Акташ, Караказыкская группа и др.;
- мелкие (1–10 т): Турпактушты, Чанач, Каратюбе, Кумбель, Тохтонысай, Каратор и др.

В целом все скарновые месторождения золота по своему строению схожи друг с другом. Они формируются на контакте интрузивных и карбонатных пород. Основные минералы скарнов – гранат, пироксен, волластонит, однако некоторые месторождения имеют свои особенности. Ниже даётся описание отдельных скарновых месторождений по каждой группе, исходя из вышеприведённой типизации (см. таблицу).

Месторождение Акташ находится в северо-западной части Северного Тянь-Шаня на южных склонах Киргизского хребта. Оно сложено в основном ордовикскими известняками и мраморами, которые прорываются среднеордовикскими интрузиями порфировидных гранитов и гранодиоритов. Вдоль контакта с интрузией в карбонатных породах сформированы скарны с золото-медным оруденением, реже образуются скарны трещинного типа и эндоскарны. Мощность скарнов составляет от 1 до 70 м. Скарновые тела, сформированные в экзоконтакте, имеют падение под интрузию (рис. 2). Состав скарнов гранатовый и гранат-пироксеновый; гранат представлен мелкозернистым гроссуляром и андрадитом с преобладанием последнего, а пироксен представлен шестоватыми (3 мм и более) сноповидными тёмно-зелёными кристаллами геденбергита. Среди скарнов залегают линзообразные и гнездовые магнетитовые тела

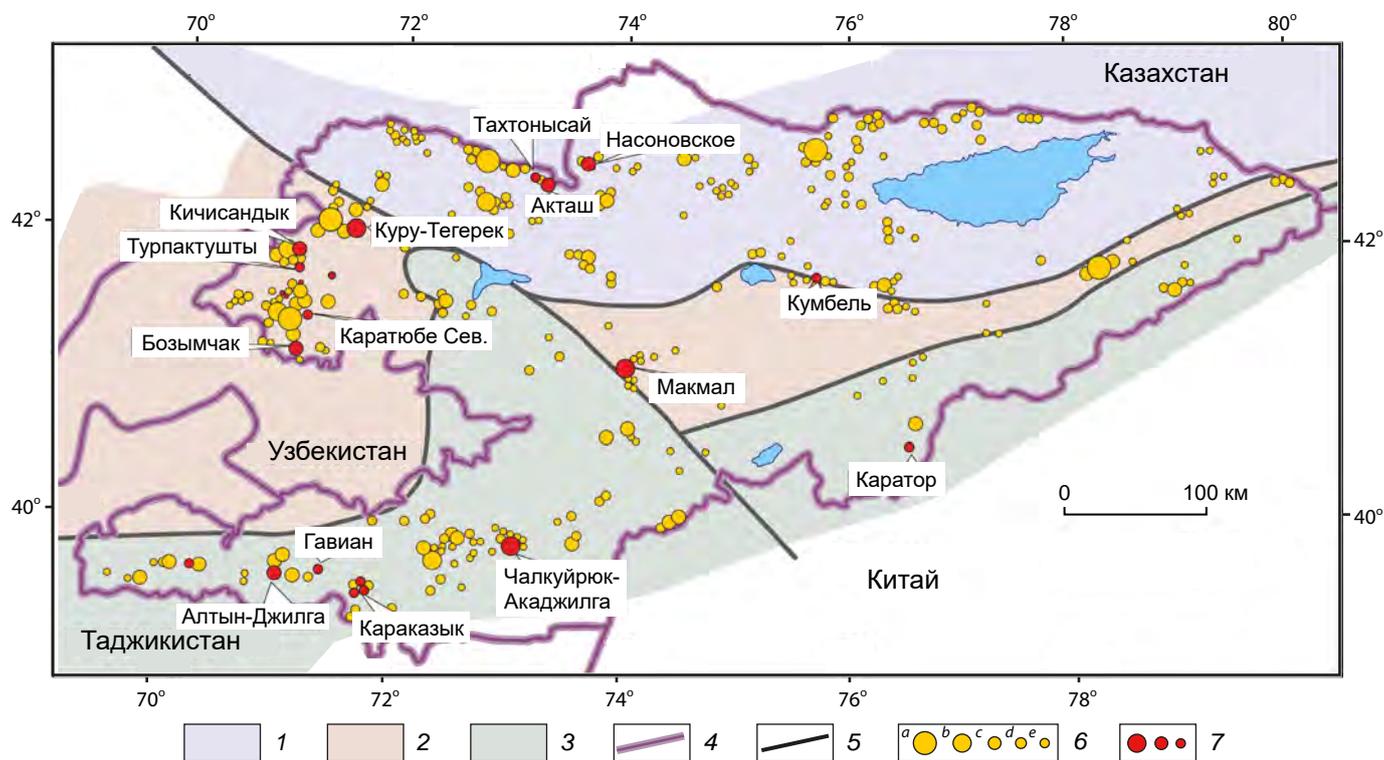


Рис. 1. Схема золотоносности Кыргызстана:

1 – Северный Тянь-Шань; 2 – Срединный Тянь-Шань; 3 – Южный Тянь-Шань; 4 – государственные границы; 5 – региональные разломы; 6 – запасы и прогнозные ресурсы золота (в т): a – > 100, b – 30–100, c – 10–30, d – 1–10, e – < 1; 7 – скарновые месторождения золота

Fig. 1. Schematic map showing gold-bearing potential of Kyrgyzstan:

1 – Northern Tien Shan; 2 – Middle Tien Shan; 3 – Southern Tien Shan; 4 – state borders; 5 – regional faults; 6 – gold reserves and forecasted resources (in tons): a – > 100, b – 30–100, c – 10–30, d – 1–10, e – < 1; 7 – skarn-related gold deposits

Таблица. Типизация скарновых месторождений золота Кыргызстана по геодинамической обстановке

Table. Classification of skarn-related gold deposits of Kyrgyzstan according to the geodynamic setting

Геодинамические обстановки, возраст	Северный Тянь-Шань	Срединный Тянь-Шань	Южный Тянь-Шань
Островодужные обстановки раннего палеозоя	Акташ, Тохтонысай, Насоновское		
Активные континентальные окраины и переходные к коллизии обстановки каменноугольного возраста		Бозымчак, Куру-Тегерек, Каратюбе, Чанач	
Внутриплитная тектоно-магматическая активизация пермская		Макмал, Кумбель, Кичи-Сандык	Алтын-Джилга, Гавиан, Чалкуйрюк-Анджилга, Караказыкская группа, Каратор

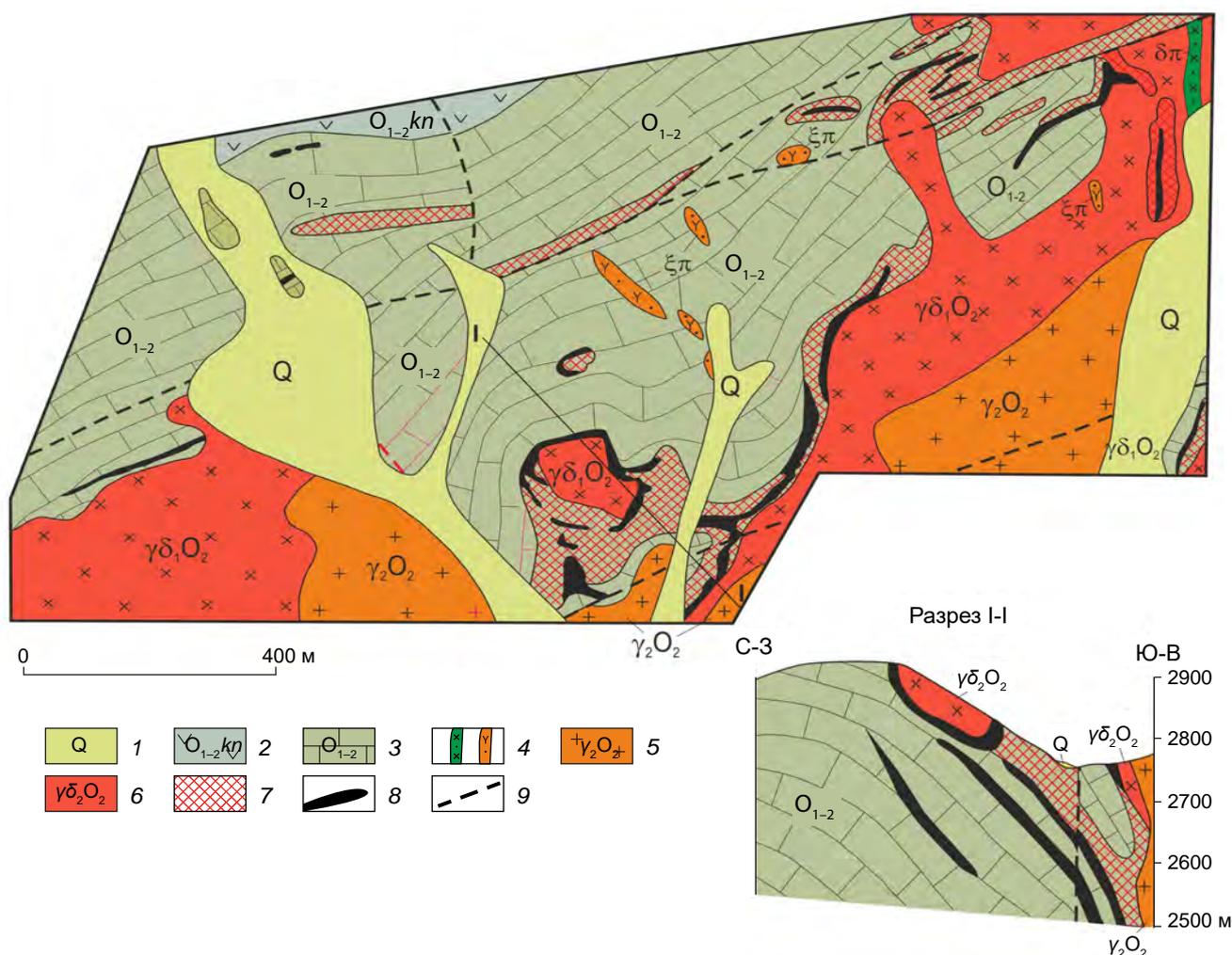


Рис. 2. Схематическая геологическая карта месторождения Акташ [9]:

1 – четвертичные отложения; 2 – кенташская свита, базальты, андезиты; 3 – мраморы, известняки; 4 – диоритовые порфириты (δπ), сиенит-порфиры (ξπ); 5 – граниты порфиroidные; 6 – гранодиориты; 7 – скарны; 8 – рудные тела; 9 – разрывные нарушения

Fig. 2. Schematic geological map of the Aktash deposit [9]:

1 – Quaternary deposits; 2 – Kentash Formation: basalts, andesites; 3 – marbles, limestones; 4 – diorite porphyrites (δπ), syenite porphyry (ξπ); 5 – porphyritic granites; 6 – granodiorites; 7 – skarns; 8 – ore bodies; 9 – faults

мощностью от 0,2–2 до 12–16 м, протяжённостью до десятков метров. Магнетит мелкозернистый развивается по гранату (андрадиту) по трещинам, корродирует его и находится в прямой зависимости от количества андрадита.

Скарны подвергаются метасоматическому и прожилковому замещению. По скарнам развивается кварц-кальцит-эпидотовый метасоматит. В дальнейшем наблюдается замещение

эпидота и граната кварцем и кальцитом. Окварцевание скарнов часто наблюдается и под микроскопом. В скарнах также наблюдается хлоритизация, актинолитизация и др.

В скарновых образованиях выявлено 12 рудных тел длиной от 70 до 260 м, мощностью от 4 до 50 м, и множество более мелких тел. Содержание золота колеблется от следов до 10 г/т, среднее содержание золота составляет



от 2 до 3,1 г/т. Запасы золота составляют 10 т. Золото концентрируется чаще всего в андрадитовых и гроссуляр-андрадитовых скарнах, а также среди магнетитовых тел. Среди магнетита отмечены наиболее высокие содержания золота – от 4 до 70 г/т.

По размерам выделений различается золото видимое и тонкодисперсное. Самородное золото в виде примазок и дендритов приурочено к микротрещинам в гранате и магнетите и имеет размеры от сотых долей до 1,5 мм. Мелкие выделения золота имеют форму вытянутых, изометричных пластинок. Золото в халькопирите располагается по трещинам, в заливах.

Самородное золото отлагалось после формирования скарнов, т. е. оно оказалось наложенным как на скарны, так и на гранитоиды. При этом оруденение сопровождалось формированием кварцевых жил, прожилков и гнезд. Среди пироксеновых скарнов сопряжена с золотым оруденением оказалась актинолитизация. Встречены многочисленные золотинки, вкрапленные среди актинолита и синформные их радиальным, сноповидным агрегатам.

Скарны и магнетиты минерализованы халькопиритом, вторичными минералами меди. Нередко медная минерализация фиксируется в эндоконтакте гранитоидов. Халькопирит-борнитовая минерализация со свинцом, висмутом и серебром, приуроченная к скарновой зоне, относится к сульфидному типу оруденения в скарнах.

Полевые исследования последних лет показали наличие золотого оруденения не только среди скарновых тел, но и в кварцевых жилах и прожилках, секущих как гранитоиды, так и сами скарны. При этом гранитоиды березитизируются, но зоны березитизации имеют очень небольшие мощности. Кварцевые жилы имеют более высокие содержания золота (до 4,3 г/т) в призальбандовой и в выклинивающейся части жилы.

Месторождение Акташ имеет перспективы для прироста запасов за счёт обнаружения слепых рудных тел. Необходимо провести более тщательные, нежели до сих пор, поисково-оценочные работы.

Месторождение Бозымчак находится в западном (Чаткальском) секторе Срединного Тянь-Шаня на сочленении Чаткальской и Кураминской структурно-формационных зон, которые являются восточной ветвью позднепалеозойского Бельтау-Кураминского вулканоплутонического пояса. Месторождение комплексное, разрабатывается компанией «KAZ Minerals Bozymchak». Изначально запасы месторождения по категории C_2 по золоту составляли 35 т при среднем содержании почти 2 г/т, по меди – 243 тыс. т при среднем содержании 1,1 %, по серебру – 255 т при среднем содержании 12 г/т [9].

На месторождении осадочные толщи представлены преимущественно карбонатными породами – известняками, доломитами, доломитистыми известняками девон-каменноугольного возраста. Реже встречаются терригенные и кремнистые породы в виде отдельных пачек или прослоев. Породы прорваны интрузией гранодиоритов сандалаш-чаткальского комплекса (C_{2-3}), возраст которых по циркону составляет $303,8 \pm 1,5$ и $304,8 \pm 1,6$ млн лет. Модельный возраст оруденения на месторождении Бозымчак по молибдениту составил $305,4 \pm 2,7$ млн лет [13]. При внедрении гранодиоритов в контактовой зоне в магматический этап сформировались магнезиальные скарны по доломитам и доломитистым известнякам, в постмагматический этап в раннюю щелочную стадию образовались апомагнезиальные известковые и собственно известковые скарны. Последние развились по известнякам и мраморам и представлены гранатовыми, пироксеновыми и волластонитовыми скарнами в разных количественных соотношениях. Скарновые тела образуют дугообразную залежь согласно контакту с интрузивными породами и имеют протяжённость около 2 км, мощность 7–85 м, прослежены на глубину до 400 м. Залегание скарнов крутое, часто имеет падение под гранодиориты.

Месторождение состоит из четырёх основных сближенных участков: Юго-Западный, Центральный, Восточный и Даван (рис. 3). Золото-медное оруденение наложено преимущественно на гранат-волластонитовые (рис. 4, а)



Рис. 3. Схематическая геологическая карта месторождения Бозымчак:

1 – четвертичные отложения; 2 – минбулакская свита, андезиты, дациты и их туфы; 3 – доломиты, известняки; 4 – песчаники, известняки, доломиты; 5 – гранодиориты; 6 – граниты; 7 – дайки порфириров; 8 – скарны рудоносные (а), эндоскарны (b)

Fig. 3. Schematic geological map of the Bozymchak deposit:

1 – Quaternary deposits; 2 – Minbulak Formation: andesites, dacites and their tuffs; 3 – dolomites, limestones; 4 – sandstones, limestones, dolomites; 5 – granodiorites; 6 – granites; 7 – porphyrite dikes; 8 – ore-bearing skarns (a), endoskarns (b)

и гранат-пироксеновые скарны, серпентинизированные метасоматиты (см. рис. 4, b), апомагнезиальные скарны. Основными рудными минералами являются халькопирит, борнит, пирит, пирротин, золото (см. рис. 4, d). Реже встречаются халькозин, ковеллин, молибденит, магнетит, галенит, сфалерит, теннантит и др.

Формирование месторождения Бозымчак происходило в позднекарбонное время и связывается нами с переходным режимом от субдукционной обстановки к коллизии и с началом коллизии [8]. Стадия кислотного выщелачивания характеризует послескарновые изменения. Проявления метасоматических процессов на месторождении связаны с образованием серпентина, хлорита, флогопита, тремолита, актинолита, эпидота, кварца, позднего кальцита и др.

Наиболее широко и ярко на месторождении Бозымчак проявлены процессы серпентинизации с образованием серпентинитов. Они развиваются по доломитам и по магнезиальным и преобразованным скарнам. Внешне это тёмно-зелёные, почти чёрные породы (см. рис. 4, b), сложенные серпентином, включающие местами скопления реликтов пироксена, форстерита и шпинели, иногда с примесью карбонатов и талька. Порода обычно имеет петельчатую структуру, местами в ячейках находится магнетит.

Золото-медное оруденение располагается в пределах развития скарнов и серпентинитов. Оруденение наложено на гранат-волластонитовые и гранат-пироксеновые скарны, апомагнезиальные скарны с серпентинитами. Кроме основных компонентов – золота, меди и серебра, также руды месторождения содержат молибден, теллур, селен, индий, рений, бор [1, 2].

Отложение рудных минералов происходило в стадию кислотного выщелачивания и сопровождалось метасоматическим замещением

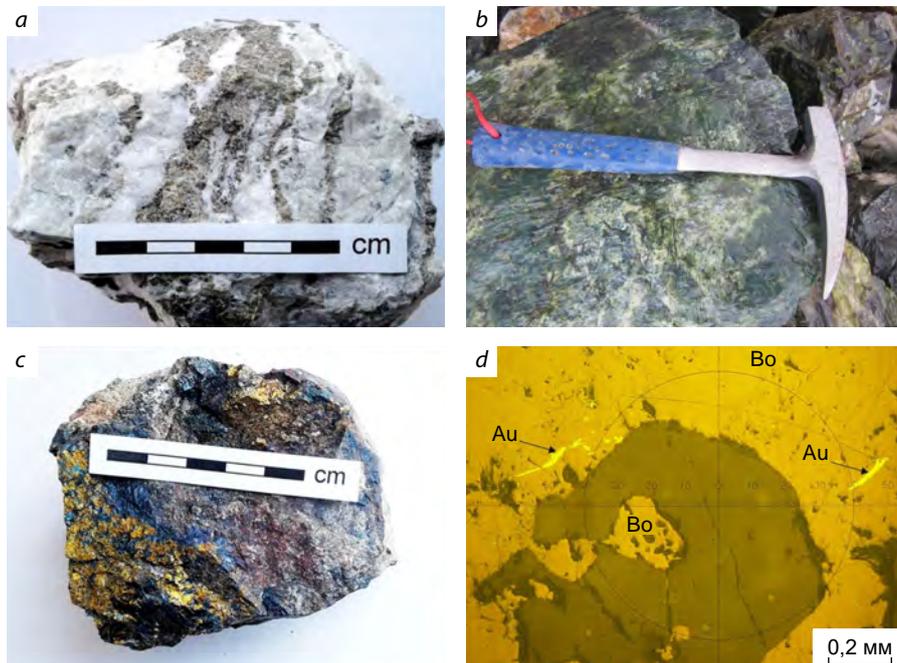


Рис. 4. Фотографии образцов месторождения Бозымчак:

a – гранат-волластонитовый скарн; *b* – серпентинит; *c* – массивная борнит-халькопиритовая руда с содержанием золота 77 г/т; *d* – золото самородное (Au) в борните (Bo) (аншлиф)

Fig. 4. Photographs of samples from the Bozymchak deposit:

a – garnet-wollastonite skarn; *b* – serpentinite; *c* – massive bornite-chalcopyrite ore with a gold grade of 77 g/t; *d* – native gold (Au) in bornite (Bo), polished section

ем пород: серпентинизацией, окварцеванием, карбонатизацией, серицитизацией и т. п. Часто наблюдается отложение сульфидов по трещинам в минералах скарнов, в интерстициях зёрен и в плоскостях отслоения по спайности. Среднее количество сульфидов составляет 5–8 %. Они образуют как рассеянную вкрапленность, так и крупные сульфидные гнёзда (см. рис. 4, *c*). Основными рудными минералами являются халькопирит, борнит, пирит, пирротин, золото, магнетит. Реже встречаются арсенопирит, кобальтин, молибденит, галенит, сфалерит, теннантит и др.

Видимое под микроскопом самородное золото чаще всего встречается внутри борнита (см. рис. 4, *d*) или в его краевых частях, в халькопирите или в непосредственной близости от борнита в нерудных минералах. Очень редко включения золота наблюдались в арсенопирите, пирите и др. Размеры наблюдаемых под микроскопом золотинок колеблются от 1 мкм

до 0,3 мм. Формы золотинок комковидные, пластинчатые и ветвистые. Вероятно, что золото также находится в сульфидах в тонкодисперсном виде размером менее 1 мкм [1].

Таким образом, наряду со скарновым типом золотомедных руд на месторождении Бозымчак имеется нетрадиционный серпентинитовый промышленный тип руд, который перерабатывается на фабрике.

Месторождение Каратюбе Северное (рис. 5) приурочено к северо-восточному экзоконтакту гранодиоритового Андагульского массива (С₂₋₃). Вмещающие породы представлены известняками, мергелями и сланцами живетского яруса, подвергшимися в зоне контакта ороговикованию, скарнированию и метасоматически-гидротермальному изменению. Контакт Андагульской интрузии со вмещающими породами осложнён серией разломов, которые являются контролирующими и рудо-локализирующими структурами для наложен-

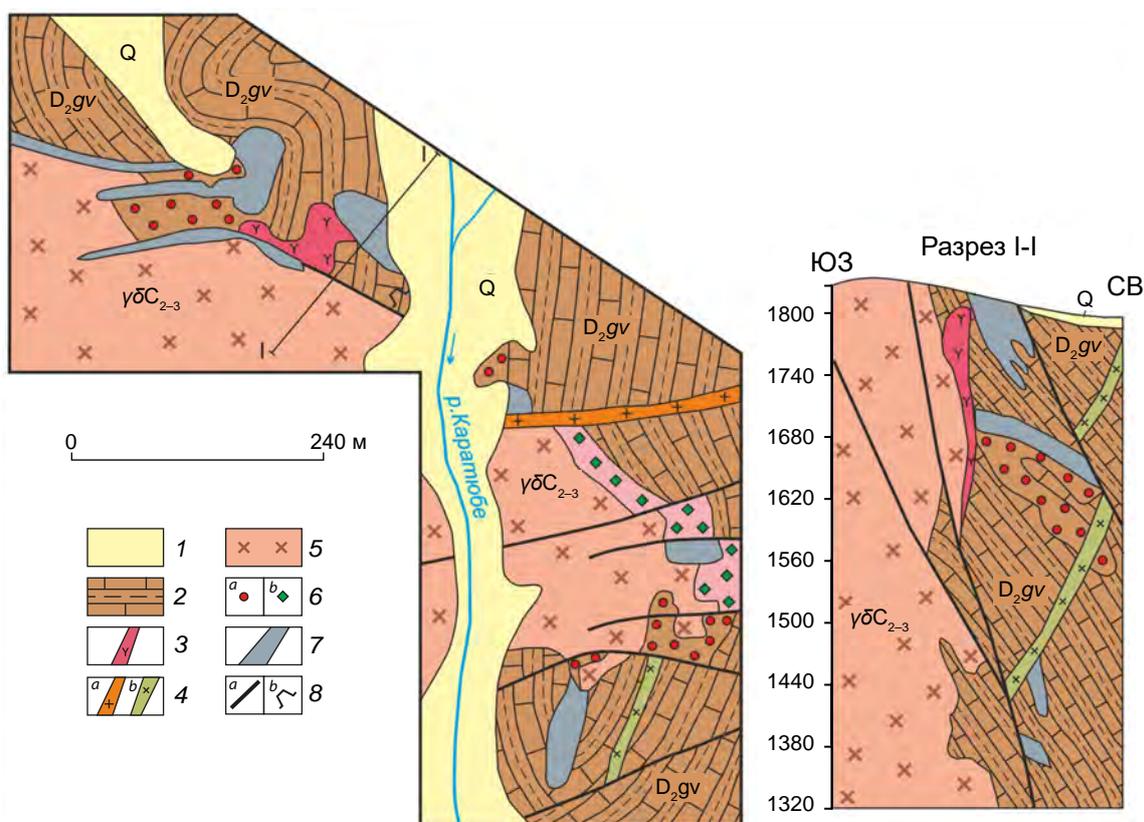


Рис. 5. Схематическая геологическая карта месторождения Каратюбе Северное [9]:

1 – четвертичные отложения (Q); 2 – известняки, сланцы, алевролиты, мергели (D_2gv); 3 – дайки гранит-порфиров; 4 – дайки граносиенит-порфиров (a), лампрофиров (b); 5 – гранодиориты, кварцевые диориты ($\gamma\delta C_{2-3}$); 6 – скарны (a), березиты (b); 7 – рудные тела; 8 – разломы (a), штольня (b)

Fig. 5. Schematic geological map and cross-section of the Karatyube Severnoe deposit [9]:

1 – Quaternary deposits (Q); 2 – limestones, shales, siltstones, marls (D_2gv); 3 – granite porphyry dikes; 4 – granosyenite porphyry dikes (a), lamprophyres (b); 5 – granodiorites, quartz diorites ($\gamma\delta C_{2-3}$); 6 – skarns (a), beresites (b); 7 – ore bodies; 8 – faults (a), adit (b)

ных метасоматических изменений и гидротермального оруденения.

Мощность скарнов и скарнированных пород достигает 40 м. Скарны имеют гранатовый, пироксеновый, гранат-пироксеновый и амфиболовый состав. В скарнах встречается магнетит, наложенный эпидот и хлорит. Гидротермальные изменения наложены на скарны и выражены окварцеванием, анкеритизацией, сульфидизацией. Рудная минерализация относится к золото-сульфидно-кварцевой формации. Золотое оруденение приурочено почти ко всем гидротермально-изменённым породам, содержащим сульфидную минера-

лизацию вблизи тектонических нарушений. Руда вкрапленная, реже полосчатая, массивная, прожилковая, гнездовая, брекчиевая.

Рудные тела представляют собой небольшие по размерам (от $0,5 \times 2,0$ до $20 \times (40-50)$ м) линзы и тела неправильной формы. Длина рудных тел по падению 20–75 м. Рудные тела на глубине часто расщепляются на мелкие линзы, при этом содержание золота уменьшается. Средние содержания золота в рудных телах колеблются от 1,5–2 до 8–9 г/т, максимальное отмеченное содержание золота – 167 г/т. Содержание серебра – доли и единицы г/т, редко первый десяток, максимум

51 г/т. Из прочих металлов отмечаются медь – 0,68 %, свинец – 0,25 %, сурьма – 0,17 %, мышьяк – 0,05 % (указаны средние содержания). Распределение рудной минерализации крайне неравномерное.

Среди главных рудных минералов преобладает пирит, реже встречаются арсенопирит, халькопирит, пирротин, магнетит, гематит, ещё реже галенит, сфалерит, борнит, халькозин, ковеллин, молибденит. Золото самородное, ассоциирует с кварцем и сульфидами, преимущественно с пиритом (среднее содержание золота в пирите 26 г/т). Размер золотин редко достигает более 0,1 мм.

Утверждённые запасы золота по месторождению 5 т при среднем содержании 5,34 г/т [9]. В целом месторождение может представлять интерес как небольшой объект после организации золотодобычи в районе.

Месторождение Макмал находится в западной части Нарынской складчатой зоны Срединного Тянь-Шаня и приурочено к юго-западному окончанию Чаарташского гранитного массива (P_1). Оно является одним из крупнейших в мире месторождений золота в скарнах. Запасы золота изначально составляли около 80 т при среднем содержании 7 г/т. За время работы комбината по 2016 г. карьерным способом добыто около 37 т золота. В настоящее время идёт подготовка к подземной добыче и разведка на флангах (уч. Диоритовый и Восточный).

Вмещающие толщи сложены турнейскими и визейскими кремнисто-карбонатными породами, имеющими субширотное моноклиналиное залегание с падением пластов на юг под углом 65–80° (рис. 6). Карбонатные породы представлены известняками, реже доломитами и доломитистыми известняками. Кремни в нижней части разреза залегают в виде желваков и мелких линз, а в верхней – в виде прослоев среди карбонатных пород. Количество кремней составляет 10–40 %. Незначительное развитие получили также углито-глинистые маломощные линзы и прослои. Общая мощность отложений составляет 1200–1500 м.

Интрузивные образования представлены двумя комплексами:

- среднекарбонный интрузивный комплекс состоит из диоритов, которые развиты на глубоких горизонтах месторождения Макмал и выходят на поверхность к западу от него, а также даек и дайкообразных тел лампрофиров и плагиопорфиров;

- раннепермский интрузивный комплекс представлен порфировидными гранитами и гранит-порфирами Чаарташского массива и его дайкообразной апофизой, возраст гранитов 286 ± 5 млн лет [14].

При внедрении Чаарташского массива карбонатные породы были мраморизованы, а вдоль контакта образовались магнезиальные и известковые скарны. Магнезиальные скарны остались в виде реликтов форстеритового или шпинель-форстеритового состава среди преобразованных магнезиальных и апомагнезиальных известковых скарнов. Последние характеризуются развитием пироксен-флогопитовых, везувиан-гранатовых, гранатовых, флогопит-магнетитовых и магнетитовых ассоциаций с серпентином [4, 12]. Известковые скарны широко развиты в южном экзоконтакте апофизы гранитов, они слагают субширотную зону мощностью от 30 до 100 м и протяжённостью до 2 км. Представлены они преимущественно почти мономинеральными волластонитовыми, в меньшей мере – волластонит-гранат-пироксеновыми скарнами с различными количественными соотношениями. Наличие большого количества волластонита объясняется присутствием кремней до 40 % среди карбонатной породы.

На более поздних постмагматических стадиях как скарны, так и интрузивные и карбонатные породы подверглись метасоматическому изменению.

Кварц-полевошпатовые метасоматиты (КПМ) развиваются по плагиопорфирам, гранитам и скарнам. Граниты и плагиопорфиры начинают замещаться кварцем и плагиоклазом с основной массы и по периферии порфировых выделений полевых шпатов; постепенно порфировые выделения полностью

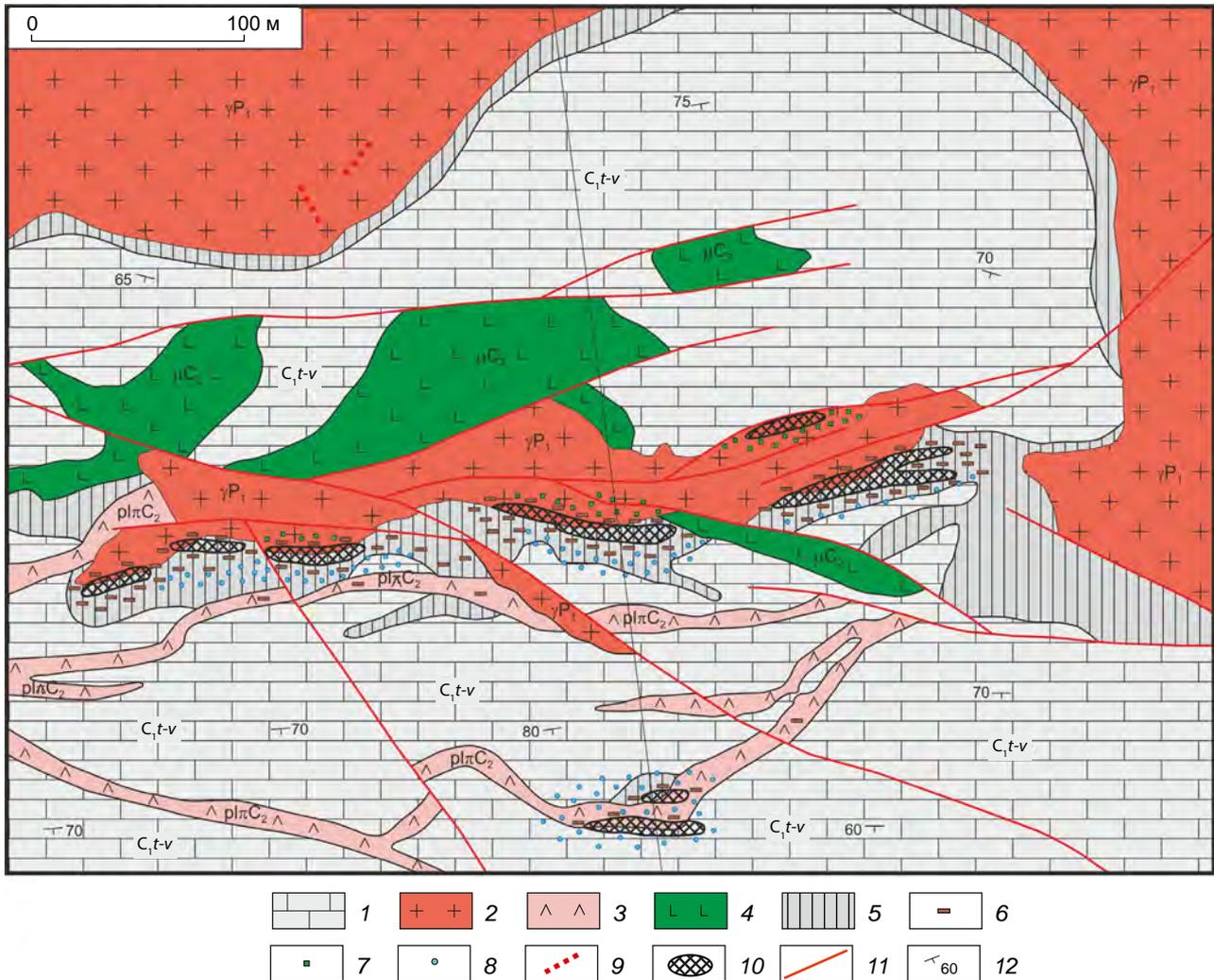


Рис. 6. Схематическая геологическая карта месторождения Макмал:

1 – известняки, доломиты с прослоями и линзами кремней (C_1t-v); 2 – граниты (γP_1); 3 – плагиопорфиры ($pl\pi C_2$); 4 – лампрофиры (μC_2); 5 – скарны; 6 – кварц-полевошпатовые метасоматиты; 7 – березиты; 8 – окварцованные породы; 9 – грейзены; 10 – золоторудные тела; 11 – разломы; 12 – элементы залегания пород

Fig. 6. Schematic geological map of the Makmal deposit:

1 – limestones and dolomites with interlayers and lenses of chert (C_1t-v); 2 – granites (γP_1); 3 – plagioporphyries ($pl\pi C_2$); 4 – lamprophyres (μC_2); 5 – skarns; 6 – quartz-feldspar metasomatites; 7 – beresites; 8 – silicified rocks; 9 – greisens; 10 – gold ore bodies; 11 – faults; 12 – rock bedding attitudes

замещаются, порода приобретает массивное, плотное, тонкозернистое строение и состоит из примерно равного количества кварца и альбита. Ядерные части метасоматической колонки представлены кварцем. КПП по скарнам (в основном, волластонитовым) развиваются в зонах трещиноватости. Развитие новообразованного кварца и плагиоклаза начинается

по трещинам и постепенно расширяется в стороны, при этом образуются метасоматические брекчии, где КПП выполняет роль цемента, а обломки – это реликты скарнов. В конце концов КПП могут полностью заместить скарны [5, 10].

Березиты формируются по гранитам и пространственно примыкают к КПП. Они сла-

гают линейные, линзовидные субширотные тела мощностью 15–20 м и длиной до сотен метров. Замещение гранитов начинается с развития мелкозернистого кварца, серицита, карбоната, хлорита и пирита. При дальнейшей березитизации постепенно исчезает сначала карбонат, затем хлорит, остаются собственно березиты, состоящие из кварца, серицита и пирита.

В распределении метасоматических формаций наблюдается зональность (см. рис. 5). Максимальная метасоматическая проработка приурочена к субширотной зоне тектонических нарушений в южном экзоконтакте апофизы гранитов. Здесь метасоматоз проявился в образовании скарнов, а затем КПМ. К северу от этой зоны кварц-полевошпатовый метасоматоз сменяется процессом березитизации в гранитах, а к югу – окварцеванием в карбонатных породах, дайках и скарнах. Завершается гидротермальный процесс образованием сначала золотоносных кварцевых жил, а затем более поздних безрудных секущих кварцевых и карбонатных жил.

Золотое оруденение связано с послескарновыми метасоматитами. В КПМ содержится максимальное количество золота – до сотен г/т. Содержание золота закономерно повышается от слабоизменённых (внешних) зон к сильноизменённым (внутренним) зонам. КПМ являются околорудными и составляют основную массу промышленных руд месторождения. Березиты также содержат промышленное количество золота, вплоть до десятков г/т. Золотая минерализация также развита в зонах окварцевания скарнов, мраморов и даек. Часть золота находится в поздних кварцевых жилах. Оруденение на месторождении представлено самородным золотом. Выделены две генерации золота: 1-я генерация, основная, связана с околорудными метасоматитами, 2-я генерация – с поздними кварцевыми жилами. Размеры золотинок колеблются от 0,001 до 1–2 мм, пробы золота изменяется от 904 до 997 ‰. Золото является единственным полезным компонентом месторождения [12]. Среднее содержание сульфидов составляет 2–4 %, большинство представлены пиритом, реже пирротин и др.

По температуре образования наиболее высокотемпературными на месторождении являются скарны, которые относятся к пироксен-гранат-волластонитовой и пироксен-гранатовой фациям, характеризующимся температурами образования 750–450 °С [7]. По данным гомогенизации и декрипитации газовой-жидких включений в кварце из различных метасоматитов интервалы температур образования КПМ составляют 440–300, грейзенов – 400–230, березитов – 350–230, кварцевых жил – 250–200 °С [12]. Температуры формирования метасоматитов снижаются от ранних стадий к более поздним.

Таким образом, золотое оруденение связано с метасоматитами, сформированными уже после образования скарнов и наложенными как на скарны, так и на граниты, карбонатные породы и дайки.

Месторождение Алтын-Джилга находится в западной части Южного Тянь-Шаня на западном окончании Алайского хребта в верховьях бассейна реки Сох. Район месторождения имеет покровно-складчатое строение, площадь месторождения сложена девон-каменноугольными терригенно-карбонатными отложениями, сформированными в условиях пассивной континентальной окраины. Мощности отдельных свит в районе месторождения составляют 100–300 м. В регионе развиты многочисленные интрузии караказыкского комплекса раннепермского возраста, что было обусловлено режимом внутриплитной активизации. К этому комплексу относится Алтын-Джилгинский массив монцодиоритов ($\mu\delta_2P_1$), к которому приурочено месторождение Алтын-Джилга (рис. 7). Массив представляет собой вытянутое в северо-восточном направлении тело площадью около 2 км².

В эндоконтактной части интрузии развиты пироксен-плаггиоклазовые околоскарновые породы мощностью 1–3 м. В экзоконтактной части сформировались известковые скарны пироксенового, гранатового и смешанного составов. Гранатовый скарн состоит на 60–90 % из граната андрадит-гроссулярового ряда. Зёрна граната имеют буроватый цвет, иногда с зеленоватым оттенком. Гранаты образуют скопления из мелких неправильных зёрен и бо-

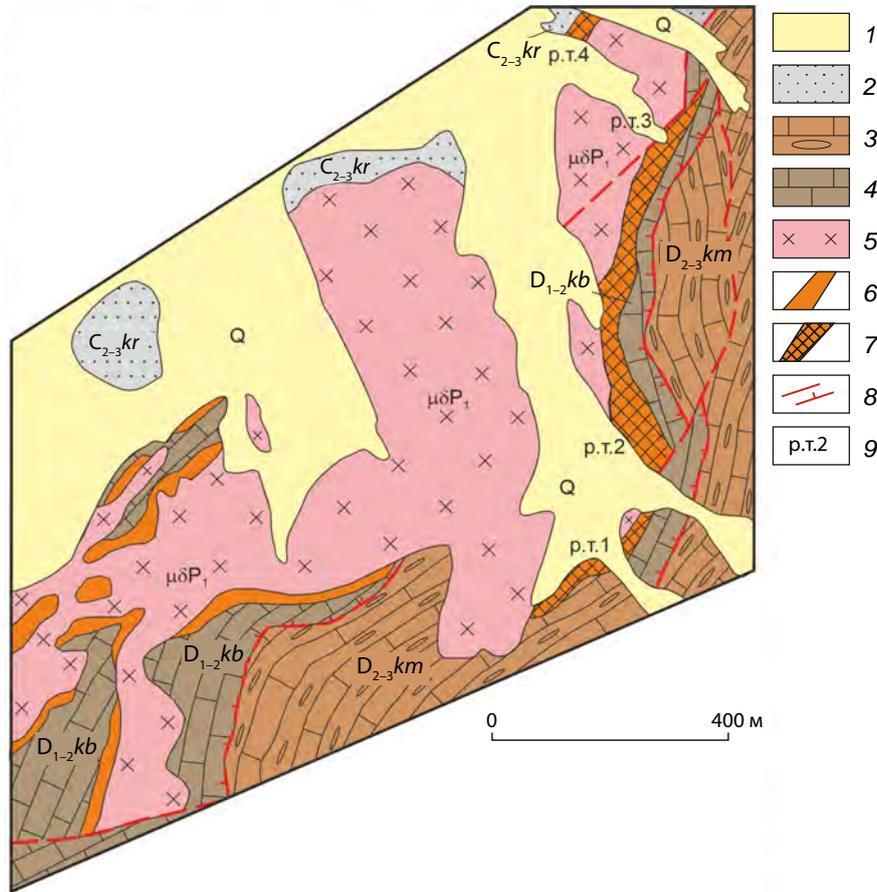


Рис. 7. Схематическая геологическая карта месторождения Алтын-Джилга [11]:

1 – четвертичные отложения; 2 – алевролиты, песчаники куруксайской свиты; 3 – известняки, кремни, алевролиты калаймахмудской свиты; 4 – известняки, доломиты кумбельской свиты; 5 – монцодиориты Алтын-Джилгинского массива; 6 – безрудные скарны; 7 – рудные тела в скарнах; 8 – тектонические нарушения; 9 – номера рудных тел

Fig. 7. Schematic geological map of the Altyn-Dzhilga deposit [11]:

1 – Quaternary deposits; 2 – siltstones, sandstones of the Kuruksay Formation; 3 – limestones, cherts, siltstones of the Kalaymakhmud Formation; 4 – limestones, dolomites of the Kumbel Formation; 5 – monzodiorites of the Altyn-Dzhilga massif; 6 – barren skarns; 7 – ore bodies in skarns; 8 – tectonic faults; 9 – ore body numbers

лее крупных изометричных кристаллов размером 1–5 мм, иногда 10–15 мм. Кроме граната присутствуют карбонат, амфибол, биотит, рудные минералы. Пироксеновый скарн почти полностью состоит из крупных идиоморфных удлиненно-призматических кристаллов и мелких ксеноморфных зёрен диопсида-геденбергита. Пироксены замещаются карбонатом, амфиболом, хлоритом, биотитом. Пироксен-гранатовый скарн состоит примерно из равного или переменного количества пироксена и гра-

ната. Встречаются линзовидные волластонитовые скарны. Мощность скарнов колеблется от 10 до 70 м. Магнезиальные скарны получили ограниченное распространение.

Нашими исследованиями в пределах рудных зон выявлены кварц-полевошпатовые метасоматиты, кварц-карбонатные метасоматиты и березиты [11]. В КПМ полево шпат представлен плагиоклазом кислого-среднего состава, они развиваются в основном по скарнам, реже по пироксен-плагиоклазовой околоскар-



новой породе. При кварц-полевошпатовом метасоматозе происходит замещение крупнозернистой структуры исходных пород на более мелкозернистую структуру, порода начинает осветляться сначала мелкими пятнами, а затем более крупными участками. Состав пород становится существенно кварц-плагиоклазовым с реликтами исходных минералов. При более интенсивном метасоматозе формируются существенно кварцевые породы. КПМ на месторождении являются золотоносными, их состав и строение соответствуют КПМ месторождения Макмал, где они были впервые описаны нами [5, 12].

В скарнах также развиваются кварц-карбонатные и карбонат-кварцевые метасоматиты, содержащие реликты скарновых минералов. Данные метасоматиты, вероятно, относятся к так называемым серым (без фуксита) листовенитам. Березиты выявлены на некотором удалении от интрузии, где они развиваются по дайкам диоритовых порфиринов, иногда по роговикам, и состоят из кварца, серицита, анкерита и пирита.

На месторождении выделяются несколько рудных тел протяжённостью до сотен метров и мощностью до первых десятков метров со средними содержаниями 6,5–7,5 г/т и запасами до 40 т золота. В основном они расположены в пределах скарнов и приурочены к местам их метасоматического преобразования.

Основное золотое оруденение тяготеет к зонам кварц-карбонатного замещения скарнов. Гранат замещается кальцитом, кварцем, хлоритом с сохранением отдельных участков, зон, а пироксены часто замещаются кальцитом с образованием полных псевдоморфоз. При этом скарны значительно обогащаются рудными минералами: пиритом, арсенопиритом, медными и другими минералами, тяготеющими в большей степени к кальциту. Меньшая часть золотой минерализации сформировалась при апоскарновом кварц-полевошпатовом метасоматозе и березитизации диоритовых порфиринов. Отмечается отсутствие золотого оруденения в чистых, неизменённых скарнах.

Рудная минерализация состоит из небольшого набора: пирит, арсенопирит, пирротин, магнетит, халькопирит, халькозин, золото.

Другие рудные минералы присутствуют в единичных знаках. Общее количество рудных минералов составляет 3–5 %.

Золото встречено только в самородном виде. Оно относится к классу видимого (от 0,01 до 0,8 мм) и тонкодисперсного (менее 0,01 мм). Форма золотинок разнообразная: чешуйчатая, комковатая, пластинчатая, каплевидная, иногда идиоморфная кристаллическая. Цвет ярко-жёлтый, светло-жёлтый. Золото находится в виде включений в пирите, арсенопирите, халькозине, карбонате, кварце, а также на контакте зёрен. Границы срастания золота извилистые, неровные. По данным атомно-абсорбционного единичного анализа, пробность золота составляет 973 ‰.

Пирит является преобладающим рудным минералом в рудах. Он образует рассеянную вкрапленность в породе, реже прожилки и гнезда. Размеры зёрен пирита составляют от тысячных долей до 2–3 мм. Кристаллы представлены кубами и пентагондодекаэдрами и различными их комбинациями. Пирит содержит включения золота, нерудных минералов, зёрна часто катаклазированы, замещены по трещинам минералами группы лимонита. По данным спектрального анализа, в идиоморфных кристаллах выявлено содержание золота до 20 г/т.

Общая геологическая позиция месторождения Алтын-Джилга, набор метасоматических формаций, рудная минерализация позволяют сделать вывод, что данное месторождение очень похоже на крупное месторождение Макмал.

Заключение

В Тянь-Шане доля скарновых месторождений золота в целом выше, чем во многих регионах мира. По относительному количеству месторождений и запасам золота территория Тянь-Шаня (по крайней мере, в пределах Кыргызстана) может считаться золото-скарновой провинцией. Формирование золото-скарновых месторождений происходило в палеозое при различных геодинамических обстановках (см. таблицу).

На золото-скарновых месторождениях на начальных стадиях формируются магниезиальные и известковые скарны. В последующие



Рис. 8. Принципиальная схема формирования и корреляции крупных, средних и мелких скарновых месторождений золота

Fig. 8. Schematic diagram of the formation and correlation of large, medium, and small skarn-related gold deposits

стадии (кислотного выщелачивания) происходят различные метасоматические изменения, наложенные в основном на скарны и в меньшей мере на окружающие их породы – гранитоиды, терригенные и карбонатные породы и др. Механизм рудоотложения – это главным образом процесс метасоматического замещения скарнов или жильного выполнения в скарнах с отложением рудных минералов.

Первым разрабатываемым золоторудным объектом в Кыргызской Республике стало месторождение золота в скарнах Макмал. Это месторождение может оказаться крупнейшим в мире месторождением золота в скарнах (запасы 80 т). В связи с этим необходимо обратить внимание на недоразведанные месторождения подобного типа. В Киргизском хребте находится ряд объектов, имеющих перспективы для прироста запасов. Особенно перспективным является месторождение Насоновское, несколько менее перспективным – Акташ.

Впервые выявленные нами на месторождении Макмал золотоносные кварц-полевошпатовые метасоматиты были спрогнозированы

на других золоторудных месторождениях подобного типа и найдены на месторождении Алтын-Джилга. Таким образом, для ряда скарновых месторождений золота Тянь-Шаня кварц-полевошпатовые метасоматиты являются околорудными образованиями, на которые нужно обращать более пристальное внимание.

Нетрадиционным типом метасоматитов являются рудоносные серпентиниты, развивающиеся по магнезиальным и преобразованным скарнам. Данный тип имеется только на месторождении Бозымчак, где он наряду со скарновым типом перерабатывается на фабрике.

Почему в одних случаях образуются крупные месторождения, а в других нет? Одним из факторов являются степень и масштабы наложенной метасоматической проработки скарнов (рис. 8). Крупные месторождения характеризуются многостадийностью, большими полями развития скарнов и наложенных околорудных метасоматитов, полиформационностью метасоматитов, несколькими генерациями золота. На средних месторождениях отме-

чаются меньшие масштабы развития скарнов и, главное, меньшее развитие рудоносных метасоматитов. Мелкие месторождения имеют маломощные скарны, слабое проявление или

отсутствие метасоматических изменений, отложение золота происходит по трещинам в минералах скарнов или сопровождается микропрожилками кварца.

Список литературы

1. Альпиев М. Е., Пак Н. Т. Медная минерализация месторождения Бозымчак (Кыргызстан) // Геология и охрана недр. – 2022. – № 3 (14). – С. 30–38.
2. Альпиев Е. А., Альпиев М. Е. Новые данные по минералогическому составу серпентинитовых руд медно-скарнового месторождения Бозымчак // Горно-геологический журнал (Житикара). – 2015. – № 3–4 (43–44). – С. 5–17.
3. Дженчураева Р., Пак Н., Усманов И. Типы месторождений медно-золото-порфирирового пояса Северного Тянь-Шаня / Проблемы рудообразования и поисковой геохимии. – М. : ИМГРЭ, 2013. – С. 76–84.
4. Дженчураева Р. Д. Скарны Срединного Тянь-Шаня. Закономерности размещения и рудоносность. – Фрунзе : Илим, 1983. – 308 с.
5. Дженчураева Р. Д., Пак Н. Т. Новый тип золотоносных метасоматитов // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 311, № 5. – С. 1208–1211.
6. Дженчураева Р. Д., Пак Н. Т., Никоноров В. В., Ивлева Е. А. Золоторудные месторождения Кыргызстана. – Бишкек, 2020. – 494 с.
7. Жариков В. А. Скарновые месторождения / Генезис эндогенных рудных месторождений. – М. : Наука, 1968. – С. 220–302.
8. Ивлева Е. А., Пак Н. Т., Альпиев М. Е. Региональные факторы размещения золото-медного оруднения в Гава-Сумсарском рудном районе // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2019. – № 3. – С. 113–120.
9. Никоноров В. В., Караев Ю. В., Борисов Ф. И., Тольский В. И., Замалетдинов Т. С., Ларина Т. В., Горбачева Т. В. Золото Кыргызстана. Кн. 2. – Бишкек, 2004. – 342 с.
10. Пак Н. Т. Золотоносные кварц-полевошпатовые метасоматиты // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологическая. – 2008. – № 5. – С. 21–26.
11. Пак Н. Т. Метасоматиты и оруденение месторождения золота в скарнах Алтын-Джилга (Кыргызстан) // Геология и охрана недр (Алматы). – 2010. – № 1 (34). – С. 42–50.
12. Пак Н. Т. Формации рудоносных метасоматитов Чаарташских гор. – Бишкек : Илим, 1992. – 124 с.
13. Zu Bo, Seltmann Reimar, Xue Chunji, Wang Tao, Dolgopolova Alla, Li Chao, Zhou Limin, Pak Nikolay, Ivleva Elena, Chai Mingchun, Zhao Xiaobo. Multiple episodes of Late Paleozoic Cu-Au mineralization in the Chatkal-Kurama terrane: New constraints from the Kuru-Tegerek and Bozymchak skarn deposits, Kyrgyzstan // Ore Geology Reviews. – 2019. – V. 113. – Article 103077.
14. Seltmann R., Konopelko D., Biske G., Divaev F., Sergeev S. A. Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatic evolution of the Tien Shan orogenic belt // Journal of Asian Earth Sciences. – 2011. – No 42. – P. 821–838.

References

1. Al'piev M. E., Pak N. T. Mednaya mineralizatsiya mestorozhdeniya Bozymchak (Kyrgyzstan) [Copper mineralization of the Bozymchak deposit (Kyrgyzstan)], *Geologiya i okhrana nedr [Geology and conservation of mineral resources]*, 2022, No 3 (14), pp. 30–38. (In Russ.)
2. Al'piev E. A., Al'piev M. E. Novye dannye po mineralogicheskomu sostavu serpentinitovykh rud medno-skarnovogo mestorozhdeniya Bozymchak [New data on the mineralogical composition of serpentinite ores of the Bozymchak copper-skarn deposit], *Gorno-geologicheskii zhurnal (Zhitikara) [Mining and geological journal (Zhitikara)]*, 2015, No 3–4 (43–44), pp. 5–17. (In Russ.)
3. Dzhenchuraeva R., Pak N., Usmanov I. Tipy mestorozhdenii medno-zoloto-porfirovogo poyasa Severnogo Tyan'-Shanya [Types of deposits of the copper-gold-porphyry belt of the Northern Tien Shan], *Problemy rudoobrazovaniya i poiskovoi geokhimii [Problems of ore formation and prospecting geochemistry]*, Moscow, IMGRE Publ., 2013, pp. 76–84.



4. Dzhenchuraeva R. D. Skarny Sredinnogo Tyan'-Shanya. Zakonomernosti razmeshcheniya i rudonosnost' [Skarns of the Middle Tien Shan. Regularities of placement and ore potential], Frunze, Ilim Publ., 1983, 308 p.
5. Dzhenchuraeva R. D., Pak N. T. Novyi tip zolotonosnykh metasomatitov [New type of gold-bearing metasomatites], *Doklady AN SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences]*, 1990, V. 311, No 5, pp. 1208–1211. (In Russ.)
6. Dzhenchuraeva R. D., Pak N. T., Nikonorov V. V., Ivleva E. A. Zolotorudnye mestorozhdeniya Kyrgyzstana [Gold ore deposits of Kyrgyzstan], Bishkek, 2020, 494 p.
7. Zharikov V. A. Skarnovye mestorozhdeniya [Skarn deposits], *Genezis endogennykh rudnykh mestorozhdenii [Genesis of endogenous ore deposits]*, Moscow, Nauka Publ., 1968, pp. 220–302.
8. Ivleva E. A., Pak N. T., Al'piev E. A. Regional'nye faktory razmeshcheniya zoloto-mednogo orudneniya v Gava-Sumsarskom rudnom raione [Regional factors of gold-copper mineralization placement in the Gava-Sumsar ore region], *Izvestiya NAN KR [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic]*, 2019, No 3, pp. 113–120. (In Russ.)
9. Nikonorov V. V., Karaev Yu. V., Borisov F. I., Tol'skii V. I., Zamaletdinov T. S., Larina T. V., Gorbacheva T. V. Zoloto Kyrgyzstana. Kniga 2 [Gold of Kyrgyzstan. Book 2], Bishkek, 2004, 342 p.
10. Pak N. T. Zolotonosnye kvarts-polevoshpatovye metasomatity [Gold-bearing quartz-feldspar metasomatites], *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Respubliki Kazakhstan. Seriya geologicheskaya [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geological Series]*, 2008, No 5, pp. 21–26. (In Russ.)
11. Pak N. T. Metasomatity i orudnenie mestorozhdeniya zolota v skarnakh Altyn-Dzhilga (Kyrgyzstan) [Metasomatites and mineralization of the gold deposit Altyn-Djilga in skarns (Kyrgyzstan)], *Geologiya i okhrana nedr (Almaty) [Geology and conservation of mineral resources (Almaty)]*, 2010, No 1 (34), pp. 42–50. (In Russ.)
12. Pak N. T. Formatsii rudonosnykh metasomatitov Chaartashskikh gor [Formations of ore-bearing metasomatites of the Chaartash Mountains], Bishkek, Ilim Publ., 1992, 124 p.
13. Zu Bo, Seltmann Reimar, Xue Chunji, Wang Tao, Dolgoplova Alla, Li Chao, Zhou Limin, Pak Nikolay, Ivleva Elena, Chai Mingchun, Zhao Xiaobo. Multiple episodes of Late Paleozoic Cu-Au mineralization in the Chatkal-Kurama terrane: New constraints from the Kuru-Tegerek and Bozymchak skarn deposits, Kyrgyzstan, *Ore Geology Reviews*, 2019, V. 113, Article 103077. DOI: 10.1016/j.OREGOREV.2019.103077.
14. Seltmann R., Konopelko D., Biske G., Divaev F., Sergeev S. A. Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatic evolution of the Tien Shan orogenic belt, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2011, No 42, pp. 821–838. DOI: 10.1016/j.jseaes.2010.08.016.

Пак Николай Тимофеевич (paknikolay50@mail.ru)

кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией

Ивлева Елена Александровна

старший научный сотрудник

Институт геологии Национальной академии наук Кыргызской Республики,
г. Бишкек, Кыргызстан



СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553. 44 (571.54/.55)

Околорудноизменённые породы свинцово-цинковых месторождений Приаргунской минерагенической зоны**Кудрявцева Н. Г., Богославец Н. Н.**

ФГБУ «ЦНИГРИ», г. Москва, Россия

Аннотация. Приведено обобщение материалов по околорудноизменённым породам свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождений Приаргунской МЗ, приуроченных к карбонатным и алюмосиликатным породам. Геологическое строение месторождений отражено в ряде печатных работ, но характеристика околорудноизменённых пород не приводится, что авторы считают необходимым, так как эти породы являются важным поисковым признаком при поисках скрытого оруденения данного типа. Авторы собрали все имеющиеся материалы по околорудноизменённым породам свинцово-цинковых месторождений Приаргунья, накопленные за прошлое столетие. Новые материалы по этому вопросу получены по разрабатываемому месторождению Нойон-Тологой в вулканогенных породах. Предыдущие исследователи при изучении околорудноизменённых пород в карбонатной среде и алюмосиликатной, пришли к выводу о формировании их в процессе березитизации. При этом в различных по составу породах образуются различные фации березитов: в алюмосиликатных – березиты и лиственитоподобные породы, а в карбонатных – кварц-анкеритовые метасоматиты. Изучение этих пород на месторождении Нойон-Тологой (в алюмосиликатной среде) привело исследователей к такому же выводу о формировании околорудноизменённых пород в процессе березитизации. Целью статьи было показать, что высказанные в 60–70-х годах прошлого столетия предположения подтвердились. Соответственно, метасоматические фации: березиты и лиственитоподобные породы, развитые по алюмосиликатным, и кварц-анкеритовые – по карбонатным породам, являются поисковым признаком на свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение.

Ключевые слова: околорудные изменения (окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, березитизация), свинцово-цинковые месторождения.

Для цитирования: Кудрявцева Н. Г., Богославец Н. Н. Околорудноизменённые породы свинцово-цинковых месторождений Приаргунской минерагенической зоны. Руды и металлы. 2025. № 2-3. С. 74–87. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10009.

Altered wall rocks at lead-zinc deposits in the Priargunsky minerogenic zone**Kudryavtseva N. G., Bogoslavets N. N.**

FSBI "TsNIGRI", Moscow, Russia

Annotation. This article summarizes data on altered wall rocks of lead-zinc and polymetallic-VMS deposits confined to carbonate and aluminosilicate rocks in the Priargunskaya metallogenic zone. Geological features of the ore deposits were previously described in a number of publications, but no detailed characteristics of the wallrock alterations were there provided. The authors consider necessary to fill this gap, because the altered rocks represent an important prospecting guide for hidden mineralization of this type. The authors have collected all available data on altered wall rocks at lead-zinc deposits of the Priargunsky region, that were accumulated over the past century. New data on this topic were obtained from the operated Noyon-Tologoy ore deposit associated with volcanic rocks. The previous researchers, when studied the altered wall rocks in the carbonate and aluminosilicate environments, came to conclusion on their formation in the course of beresitization. In this case, different beresite facies form in rocks of different composition: beresites and listvenite-like rocks form in the aluminosilicate varieties, while quartz-ankerite metasomatites form in the carbonate rocks. A study of these rocks at the Noyon-Tologoy deposit (in aluminosilicate environment) led researchers to the same conclusion. The aim of this article was to demonstrate that the assumptions made earlier have been confirmed. Accordingly, the metasomatic facies (beresites and listvenite-like rocks, developed after aluminosilicate varieties, and quartz-ankerite ones, after the carbonate rocks) are considered a prospecting guide for lead-zinc and polymetallic-VMS type mineralization.

Keywords: wallrock alterations (silicification, sericitization, chloritization, carbonatization, pyritization, beresitization), lead-zinc deposits.

For citation: Kudryavtseva N. G., Bogoslavets N. N. Altered wall rocks at lead-zinc deposits in the Priargunsky minerogenic zone. Ores and metals. 2025. No. 2-3. pp. 74–87. DOI: 10.47765/0869-5997-2025-10009.



Введение

В последние годы изучением свинцово-цинковых месторождений Приаргунской металлогенической зоны (Восточное Забайкалье) занимались сотрудники отдела цветных металлов: В. В. Кузнецов, Т. В. Серавина, Т. П. Кузнецова, Н. Н. Богославец, Н. Г. Кудрявцева и др., что отражено в ряде их статей [9–11, 13], посвящённых геологическим, литологическим, минералогическим особенностям месторождений данного типа. По данным этих авторов, месторождения Приаргунской металлогенической зоны подразделены на два типа: в венд-кембрийских осадочных (карбонатных) породах со свинцово-цинковым оруденением и в мезозойских вулканогенных с колчеданно-полиметаллическим [11] (рис. 1).

Однако в этих работах не охарактеризованы околорудноизменённые породы, что необходимо сделать, поскольку они являются важным поисковым признаком при поисках скрытого оруденения. Данная статья является обобщением материалов по околорудноизменённым породам, накопленных за время работ на свинцово-цинковых месторождениях Приаргунья в XX веке, поскольку новые данные получить в настоящее время не представляется возможным (отработка этих месторождений остановлена в 1993–1994 гг.). Новые материалы по этому вопросу получены в последние годы только по разрабатываемому месторождению Нойон-Тологой в вулканогенных породах [10].

Гидротермально-изменённые породы, сопровождающие свинцово-цинковые месторождения Восточного Забайкалья, издавна привлекали внимание исследователей. обстоятельная характеристика околорудноизменённых пород этих месторождений приведена в работах С. С. Смирнова [14], который предложил разделять околорудные изменения в зависимости от состава вмещающих пород, развитых по карбонатным и алюмосиликатным. По его мнению, карбонатные породы (доломиты, известняки) подвержены окварцеванию, доломитизации, пиритизации, в меньшей степени – анкеритизации, серицитизации, а глинозёмсодержащие некарбонатные породы (сланцы, песчаники, гранит-порфиры, лампрофиры

и др.) – окварцеванию, серицитизации, карбонатизации, хлоритизации, пиритизации и редко турмалинизации.

Основные выводы С. С. Смирнова по околорудноизменённым породам были подтверждены при дальнейших исследованиях полиметаллических месторождений Приаргунья, отражённых в сборнике статей ИГЕМ АН СССР за 1963 г. (авторы В. В. Архангельская, В. В. Аристов, В. С. Кормилицын, К. Ф. Кузнецов, Г. М. Лобанова, Д. Б. Плигина, О. П. Полякова, Б. П. Санин, Н. Н. Трофимов, Н. А. Читаева и др.) [2]. По данным этих исследователей, гидротермально-изменённые породы классифицируются по названию одного минерала (окварцевание, серицитизация, карбонатизация и т. д.) без указания их формационной принадлежности.

Детальным минералого-петрографическим изучением околорудноизменённых пород занимались в конце 1960-х – 1970-х годах: Н. Г. Кудрявцева – по Кадаинскому рудному полю [7]; Р. В. Голева, С. Ф. Редькин [3] и Э. С. Кравченко [6] – по Акатуевскому; Е. В. Янишевский – по Благодатской группе месторождений [16]. На основании этих исследований авторы пришли к выводу, что околорудноизменённые породы, развитые как в карбонатной среде (преимущественно карбонатные породы), так и в алюмосиликатной (осадочно-вулканогенные и магматические породы), сформировались при процессе березитизации. При этом в различных по составу породах образуются различные фации березитов: в алюмосиликатных – березиты и листовитоподобные породы, в карбонатных – кварц-анкеритовые метасоматиты. К такому же выводу пришли более поздние исследователи нового месторождения Нойон-Тологой в алюмосиликатной среде (терригенно-вулканогенной) [10].

Фактический материал

По данным предыдущих исследователей составлены таблицы, отражающие характер околорудных изменений, развитых преимущественно в карбонатных (табл. 1) и алюмосиликатных (табл. 2) породах.

В таблице 1 приведены околорудные изменения свинцово-цинковых месторождений Нерчинско-Заводского (Покровское, Кадаин-



ское, Михайловское, Каразаргинское, Смирновское, Благодатское, Воздвиженское, Ивановское, Центральное), Кличкинского (Савинское № 5, Почекуевское, Кличкинское) и Александровско-Заводского (Акатуевское) рудных районов. На этих месторождениях преобладает оруденение преимущественно свинцового и/или свинцово-цинкового состава, а форма рудных тел – линзообразная, пластообразная, трубообразная. Рудовмещающими породами являются венд-кембрийские карбонатные породы (доломиты и известняки), включающие прослойки алевролитов, песчаников. Кроме того, отмечаются палеозойские гранитоиды, а также дайки гранит-порфиров, лампрофиров мезозойского возраста.

Своеобразие месторождений, приуроченных к карбонатным породам и залегающих среди или в контакте с палеозойскими гранитоидами, состоит в широком развитии контакто-метаморфических (известковые и доломитовые мраморы, плагиоклаз-диопсидовые, кварц-диопсидовые, тремолит-диопсидовые роговики) и контакто-метасоматических (магнезиальные и известковые скарны) [15], характерных для Кадаинского рудного поля. На месторождении Савинское № 5 (Кличкинский рудный район) Б. П. Саниным и Л. Д. Зориной описаны разнообразные известковые скарны (гранатовые, пироксеновые, аксинитовые и др.) [12].

Одни скарны и скарнированные породы располагаются вне рудных зон (месторождение Кадаинское), другие – совпадают с рудными зонами (Савинское № 5). Скарны и роговики подвержены гидротермальному преобразованию, в результате чего образуются: серпентинизация, турмалинизация, аксинитизация, тремолитизация.

Околорудноизменённые породы, развитые на свинцово-цинковых месторождениях, приуроченные преимущественно к карбонатным породам. По данным предыдущих исследователей кратко охарактеризуем околорудноизменённые породы, сопровождающие свинцово-цинковое оруденение.

Месторождение Кадаинское (рис. 2) располагается в пределах Кадаинского рудного

поля, приуроченного к крупному блоку нижнепалеозойских карбонатных пород, находящихся среди палеозойских гранитоидов. Карбонатные породы состоят из переслаивания доломитов и известняков, содержащих прослойки углеродсодержащих алевролитов, часто превращённых в сланцы, и песчаников. Последние пронизаны дайками гранит-порфиров, лампрофиров и диоритов. Все эти образования подвержены околорудным изменениям.

По данным Н. Г. Кудрявцевой [7], на месторождении Кадаинское в результате околорудного изменения карбонатных пород (известняков) формируется метасоматическая зональность: во внешней зоне первичный кальцит замещается гидротермальным доломитом, который распространяется на 50–70 м, в редких случаях на 150 м от рудного тела. Промежуточная зона характеризуется замещением доломита анкеритом и пиритом при сохранении реликтов первичного кальцита и гидротермального доломита. Эта зона отслеживается не более чем на 25–30 м от рудного тела. Внутренняя зона представлена кварц-анкеритовыми метасоматитами, образующимися в результате замещения доломита кварцем. Количество кварца колеблется от 5 до 40 %, анкерита — от 45 до 80 %. Кроме того, здесь присутствует серицит (до 5 %) и пирит (5–10 %). Данные метасоматиты развиты только вблизи рудных тел и отслеживаются не далее чем на 10 м от рудного тела.

При околорудном изменении доломитов формируется сходная метасоматическая зональность: неизменённый доломит → доломит + анкерит + пирит → доломит + анкерит + кварц + пирит → анкерит + кварц + пирит. Таким образом, в результате околорудного изменения известняков и доломитов на месторождении Кадаинское образуются кварц-анкеритовые (с пиритом) метасоматиты.

На месторождении Акатуевское (рис. 3) [3] карбонатные породы подвержены доломитизации, в результате чего во внешней зоне образуются гидротермальные доломиты мощностью до 40 м, вытянутые на 250 м от рудного тела. Такие же крупные тела гидротермальных доломитов, как на месторождении Ака-

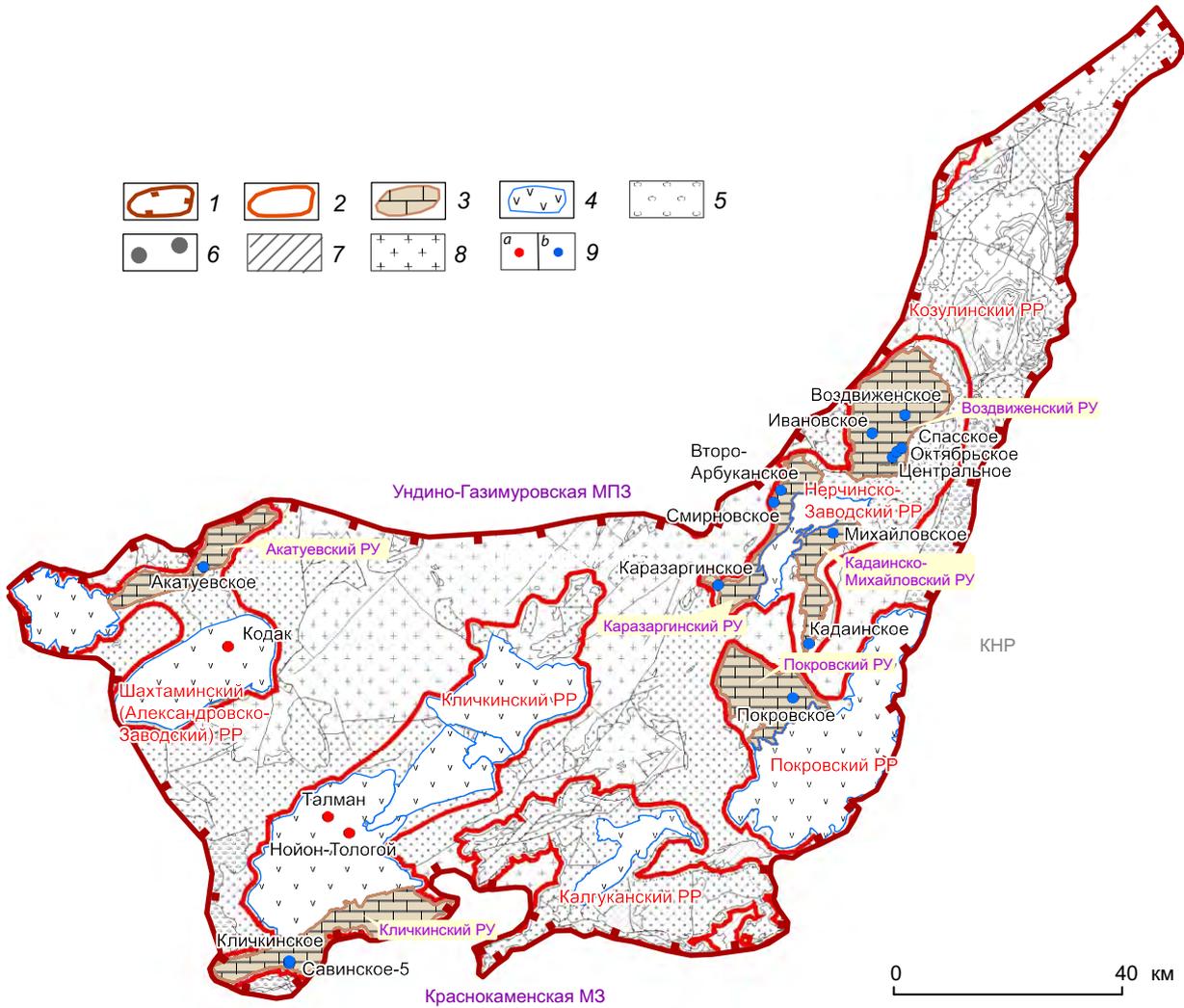


Рис. 1. Карта размещения свинцово-цинковых месторождений в пределах Приаргунской минерогенической зоны (с использованием материалов [9]):

1, 2 – границы: 1 – минерогенической зоны, 2 – рудных районов; 3, 4 – поля развития пород рудоносных формаций: 3 – вулканогенно-карбонатно-терригенной (V–C), 4 – вулканогенно-кремнисто-терригенной (J_{2-3}); 5 – породы надрудной (угленосная моласса), 6, 7 – подрудных формаций: 6 – терригенная моласса, 7 – сланцево-карбонатная; 8 – интрузивные массивы нерасчленённые; 9 – месторождения и рудопроявления: а – колчеданно-полиметаллические в осадочно-вулканогенных породах, б – свинцово-цинковые и свинцово-цинково-колчеданные в терригенно-карбонатных породах

Fig. 1. Schematic map showing distribution of lead-zinc deposits within the Priargunskaya minerogenic zone (compiled using data from [8]):

1, 2 – boundaries: 1 – minerogenic zone, 2 – ore regions; 3, 4 – fields of distribution of the ore-bearing formations: 3 – volcanogenic-carbonate-terrigenous (V–C), 4 – volcanogenic-chertry-terrigenous (J_{2-3}); 5 – rocks of the above-ore formations (coal-bearing molasse), 6, 7 – rocks of the under-ore formations: 6 – terrigenous molasse, 7 – shale-carbonate; 8 – intrusive massifs undivided; 9 – ore deposits and ore occurrences: a – polymetallic-VMS deposits in volcanosedimentary rocks, b – lead-zinc and lead-zinc-VMS deposits in terrigenous-carbonate rocks

Таблица 1. Околорудноизменённые породы, сопровождающие свинцово-цинковое оруденение, приуроченное преимущественно к карбонатным породам на различных месторождениях Приаргунского полиметаллического пояса

Table 1. Altered wall rocks accompanying lead-zinc mineralization confined mainly to carbonate rocks in various ore deposits of the Priargunsky polymetallic belt

Вмещающие породы	Рудный район					
	Покровский		Кадаинско-Михайловский		Каразаргинский	
	Рудный узел					
	Месторождение (автор)					
1	Покровское (Р. И. Заворотных)	Кадаинское (О. П. Полякова, Н. Г. Кудрявцева)	Михайловское (В. Н. Кузнецов и др.)	Каразаргинское (Н. А. Читаев)	Смирновское (Н. Н. Трофимов, О. П. Полякова)	6
Доломиты	Перекристаллизация, окварцевание, анкеритизация, пиритизация	Перекристаллизация, окварцевание, пиритизация, анкеритизация	Перекристаллизация, окварцевание, пиритизация	Перекристаллизация, окварцевание	Перекристаллизация, окварцевание, пиритизация	
Известняки	Окварцевание, доломитизация, серпентинизация, оталькование	Окварцевание, доломитизация, анкеритизация, пиритизация, серпентинизация	Окварцевание, доломитизация, анкеритизация, пиритизация	Окварцевание, доломитизация, серпентинизация, турмалинизация	Окварцевание, доломитизация	
Сланцы, роговики, развитее за счёт сланцев	Серитизация, карбонатизация, пиритизация	Серпентинизация, карбонатизация, пиритизация, окварцевание	Серпентинизация, карбонатизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация, турмалинизация	Окварцевание, турмалинизация	Окварцевание, хлоритизация, пиритизация	
Песчаники	Окварцевание, анкеритизация, хлоритизация, серицитизация, турмалинизация	Окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, серпентинизация, пиритизация, турмалинизация	Окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, серпентинизация, пиритизация, турмалинизация	Окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, серпентинизация, альбитизация, турмалинизация	Окварцевание, хлоритизация, пиритизация	
Граниты и гранит-порфиры		Окварцевание, серпентинизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, серпентинизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, серпентинизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, серпентинизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация	
Лампрофиры, диориты		Карбонатизация, серпентинизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация	Карбонатизация, серпентинизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация	Карбонатизация, серпентинизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация	Карбонатизация, окварцевание, серицитизация, хлоритизация, пиритизация, турмалинизация	



Продолжение таблицы 1

Вмещающие породы		Рудный район						Шахта/металургический завод
		Нерчинско-Заводский			Кличкинский			
		Воздвиженский			Кличкинский			
		Месторождение (автор)						Акагуевский
7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Благодатское (В. С. Кормилицын)	Воздвиженское (А. Н. Кулагашев)	Ивановское (К. Ф. Кузнецов)	Центральное (К. Д. Шолкин, Л. Н. Ленок)	Савинское №5 (Г. М. Лобанова, Б. П. Санин)	Почкуевское (В. В. Архангельская)	Кличкинское (В. В. Архангельская)	Акагуевское (Д. Б. Плигина)
Доломиты	Перекристаллизация, окварцевание	Перекристаллизация, окварцевание	Перекристаллизация, окварцевание	Перекристаллизация, окварцевание	Окварцевание, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация	
Известняки	Окварцевание, доломитизация, пиритизация	Окварцевание, доломитизация	Окварцевание, доломитизация	Окварцевание, доломитизация	Окварцевание, карбонатизация, анкеритизация, аксинитизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация	Окварцевание, карбонатизация, аксинитизация	Окварцевание, доломитизация, анкеритизация, серпентинизация
Сланцы, роговики, разветые за счёт сланцев	Серпентинизация, окварцевание, пиритизация	Серицитизация, окварцевание, пиритизация	Серицитизация, окварцевание, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация	Серпентинизация, карбонатизация, окварцевание, аксинитизация	Серицитизация, окварцевание, пиритизация	Окварцевание, карбонатизация, хлоритизация, серицитизация, турмалинизация	
Песчаники	Окварцевание, карбонатизация, серицитизация	Окварцевание, карбонатизация, серицитизация	Окварцевание, карбонатизация, серицитизация	Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация	Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, аксинитизация		Окварцевание, карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, турмалинизация	
Граниты и гранит-порфиры	Альбитизация, серицитизация, хлоритизация, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, пиритизация			Альбитизация, серицитизация, пиритизация	
Лампрофилы, диориты	Карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация	Карбонатизация, серицитизация, окварцевание, пиритизация	Карбонатизация, серицитизация, окварцевание, пиритизация	Карбонатизация, серицитизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация	Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, пиритизация, аксинитизация		Карбонатизация, окварцевание, хлоритизация, серицитизация, пиритизация	Карбонатизация, серицитизация, хлоритизация, окварцевание

Примечание. Таблица 1 составлена по материалам авторов, использованным из работы [2].

Таблица 2. Околорудноизменённые породы, сопровождающие колчеданно-свинцово-цинковое оруденение, приуроченное преимущественно к алюмосиликатным породам на различных месторождениях Приаргунского полиметаллического пояса

Table 2. Altered wall rocks accompanying lead-zinc-VMS mineralization confined mainly to aluminosilicate rocks at various ore deposits of the Priargunsky polymetallic belt

Вмещающие породы	Александрово-Заводский район					Кличкинский рудный район
	Александрово-Заводский рудный узел					Кличкинский рудный узел
	Месторождение (автор)					
	Меркурьевское (Гора Меркурьевская) (Н. В. Горлов)	Гора Яковлевская (Н. В. Горлов)	Гора Кулаковской (Н. В. Горлов)	Кодак (Н. Н. Богославец)	Нойон-Тологой (В. В. Кузнецов и др.)	
1	2	3	4	5	6	
Эффузивы и их туфы (средне-основного состава)	Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация	Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация	Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация, турмалинизация	Серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, окварцевание, пиритизация, турмалинизация	Карбонатизация (доломит, магнезиальный доломит, кальцит), окварцевание, серицитизация, гематитизация	
Песчаники, конгломераты, сланцы, алевролиты	Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, турмалинизация, гематитизация	Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, турмалинизация, гематитизация	Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, турмалинизация, гематитизация	Окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, пиритизация	
Диориты, гранодиорит-порфиры, лампрофиры	Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, хлоритизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, хлоритизация, серицитизация, карбонатизация, пиритизация	Окварцевание, серицитизация, карбонатизация, пиритизация	

Примечание. Таблица 2 составлена по материалам авторов, заимствованным из работ [2, 9].

туевское, встречены В. С. Кормилицыным на месторождении Воздвиженское [2] и Е. В. Янишевским – на месторождении Благодатское [16]. Во внутренней зоне карбонатные породы замещаются кварцем и железомарганцевыми карбонатами (манган-кальцитового и манган-анкеритового ряда), которые распространены на 100 м от рудного тела.

Таким образом, на месторождении Акатуевское, так же как и на месторождении Кадаинское, вблизи рудных тел формируются кварц-анкеритовые метасоматиты (с пиритом). На других свинцово-цинковых месторожде-

ниях Приаргунья, приуроченных к карбонатным породам, также развиты процессы гидротермального изменения: доломитизация, анкеритизация, окварцевание, пиритизация (см. табл. 1).

Кроме того, на месторождениях данного типа, где карбонатные породы подвержены контактовому метаморфизму и образуются скарны, скарнированные породы или роговики различного состава, появляются и другие виды их преобразования. Так, на месторождении Савинское № 5 (рис. 4) скарны и скарнированные породы подвержены аксинити-

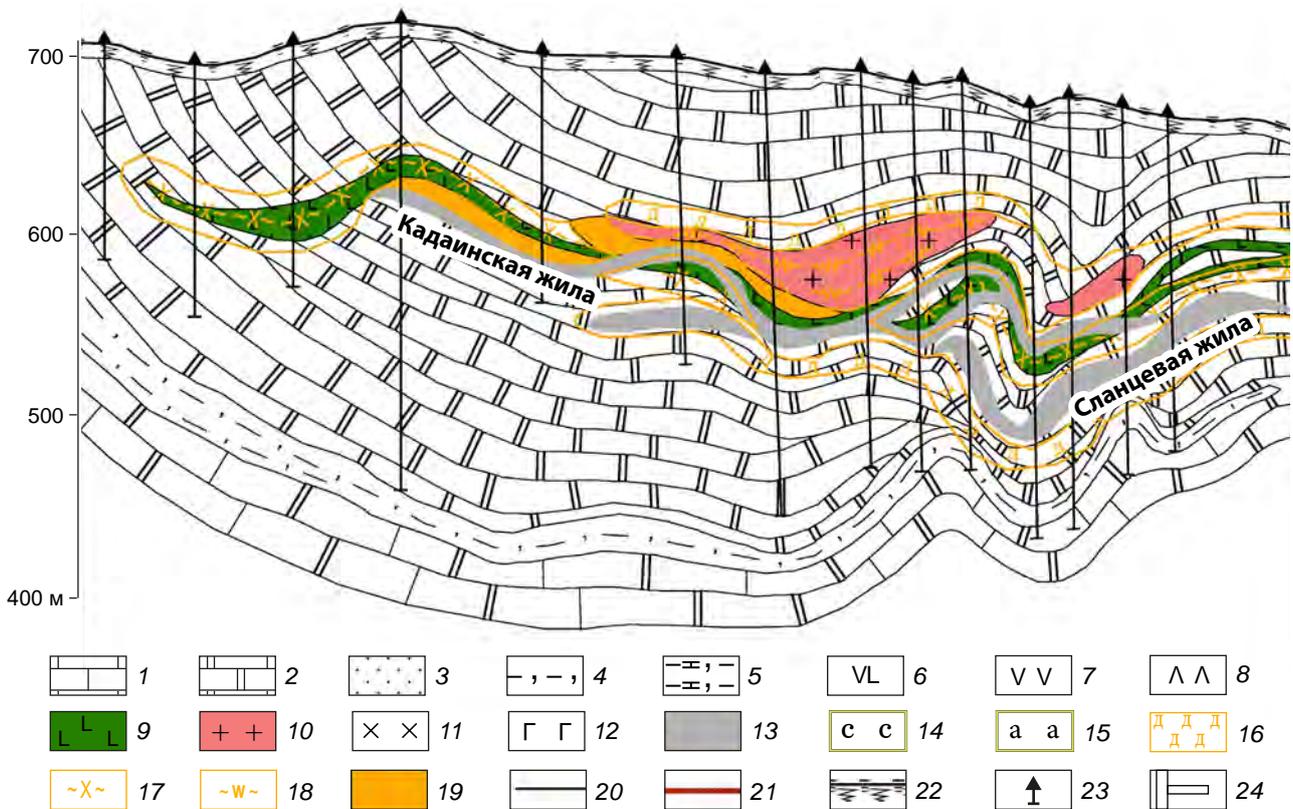


Рис. 2. Схематический продольный разрез через свинцово-цинковое месторождение Кадаинское (с использованием материалов [9]):

фациальные и литологические разновидности рудовмещающих отложений: 1, 2 – фации карбонатных пород: 1 – известняки, доломитистые известняки, 2 – доломиты, известковистые доломиты; 3–5 – терригенные отложения: 3 – песчаники, туфопесчаники, 4 – углеродистые алевролиты и аргиллиты, 5 – углеродисто-карбонатные алевролиты; 6–8 – вулканогенные породы: 6 – лавы андезибазальтов, 7 – лавы андезитов, 8 – лавы дацитов; 9–12 – интрузивные и субвулканические породы: 9 – лампрофиры, 10 – граниты, гранодиориты, 11 – диориты, 12 – габбро-долериты; 13 – свинцово-цинковые и свинцово-цинково-колчеданные рудные тела; 14 – скарноиды, роговики; 15 – аксинитизированные породы; 16–19 – околорудноизменённые породы: 16 – доломитизированные, окварцованные, 17 – окварцованные, карбонатизированные, хлоритизированные (с пиритом), 18 – окварцованные, карбонатизированные, серицитизированные (с пиритом), 19 – кварц-анкеритовые (с пиритом) метасоматиты; 20 – геологические границы; 21 – тектонические нарушения; 22 – четвертичные отложения; 23 – скважины; 24 – шахты, штольни

Fig. 2. Schematic longitudinal section along the Kadayinskoe lead-zinc deposit (compiled using data from [8]):

The facies and lithological varieties of the ore-accommodating formations: 1, 2 – carbonate rock facies: 1 – limestones, dolomitic limestones, 2 – dolomites, calcareous dolomites; 3–5 – terrigenous deposits: 3 – sandstones, tuffaceous sandstones, 4 – carbonaceous siltstones and claystones, 5 – carbonaceous-carbonate siltstones; 6–8 – volcanic rocks: 6 – andesibasalts lavas, 7 – andesite lavas, 8 – dacite lavas; 9–12 – intrusive and subvolcanic rocks: 9 – lamprophyres, 10 – granites, granodiorites, 11 – diorites, 12 – gabbro-dolerites; 13 – lead-zinc and lead-zinc-VMS ore bodies; 14 – skarnoids, hornfelses; 15 – axenitized rocks; 16–19 – altered wall rocks: 16 – dolomitized, silicified, 17 – silicified, carbonatized, chloritized (with pyrite), 18 – silicified, carbonated, sericitized (with pyrite), 19 – quartz-ankerite (with pyrite) metasomatites; 20 – geological boundaries; 21 – tectonic faults; 22 – Quaternary deposits; 23 – drill holes; 24 – shafts, adits

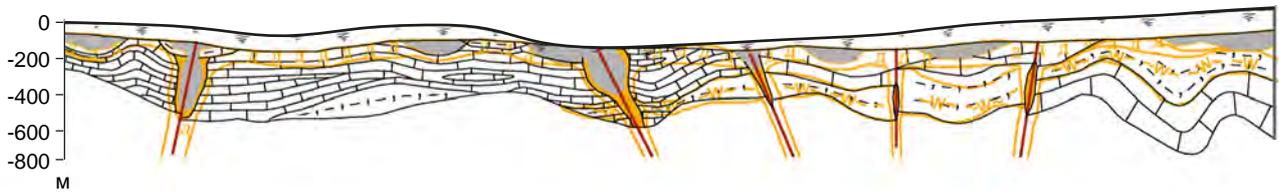


Рис. 3. Схематический продольный разрез через месторождение Акатуевское (с использованием материалов [9]): условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 3. Schematic longitudinal section along the Akatuevskoe deposit (compiled using data from [8]):

See Fig. 2 for legend

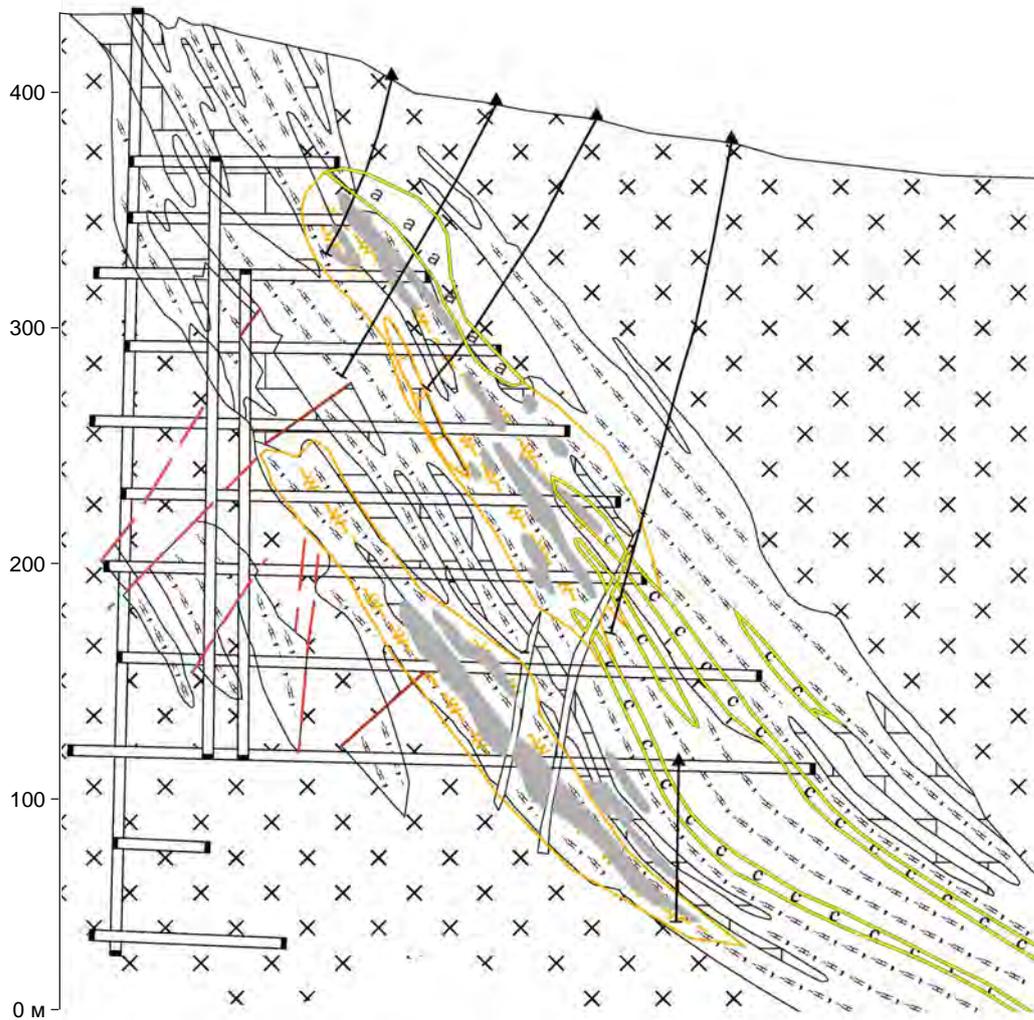


Рис. 4. Схематический разрез через центральную часть месторождения Савинское № 5 (с использованием материалов [9]): условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 4. Schematic section across the central part of the Savinskoe No. 5 deposit (compiled using data from [8]):

See Fig. 2 for legend



зации, на месторождениях Кадаинское, Ака-туевское, Покровское диопсидовые роговики – серпентинизации, турмалинизации.

В пределах характеризуемых месторожде-ний кроме карбонатных пород отмечаются и алюмосиликатные (сланцы, песчаники, кон-гломераты, граниты, гранит-порфиры, лам-профиры, диориты), которые также подвер-жены околорудному изменению (см. табл. 1). Так, на месторождении Кадаинское измене-ние углистых сланцев и гранит-порфиров вы-ражается преимущественно в окварцевании, серицитизации, пиритизации, а на контакте с рудными телами формируются кварц-сери-цитовые (с пиритом) метасоматиты, мощность которых не превышает 1–3 метра. Породы среднего состава (лампрофиры, диориты) под-вержены окварцеванию, серицитизации, хло-ритизации, карбонатизации, в результате че-го образуются породы серицит-хлорит-кварц-анкеритовые или серицит-кварц-анкеритовые (с пиритом), а вблизи рудных тел — кварц-анкеритовые метасоматиты. Последние име-ют небольшую мощность (1–2 м), светлую ок-раску и макроскопически трудно отличаемы от карбонатных пород.

Околорудные изменения, направленные в сторону образования кварц-серицитовых и кварц-серицит-анкеритовых парагенезисов, классифицируются как березиты [1], а про-цесс их формирования – как березитизация. При околорудном изменении лампрофиров образуется фация, промежуточная между бе-резитами и лиственитами. К такому же вы-воду пришли Р. В. Голева и С. Ф. Редькин [3] для Акатуевского рудного поля, где за счёт гранит-порфиров сформированы метасомати-ты фации березитов (кварц-серицит-карбонат-пирит), а за счёт лампрофиров – фация, близ-кая к лиственитам.

Таким образом, формирование околоруд-ных метасоматитов происходит при едином процессе березитизации [4], а их состав опре-деляется составом вмещающих пород: собст-венно березиты образуются по породам кис-лого состава, листвениты – средне-основного, а кварц-анкеритовые – по карбонатным поро-дам. Процесс березитизации соответствует

стадии кислотного выщелачивания [5], при котором происходит вынос почти всех ком-понентов, за исключением калия. Когда ак-тивность калия в растворе уменьшается, а на-трия – увеличивается, образуются кварц-аль-битовые метасоматиты, что наблюдается на Михайловском рудном поле.

Поскольку на других свинцово-цинковых месторождениях Приаргунья, приуроченных к карбонатным породам (см. табл. 1), разви-ты сходные с месторождениями Кадаинского, Акатуевского и Кличкинского рудных узлов околорудноизменённые породы, то их тоже можно рассматривать как образовавшиеся в процессе березитизации.

Околорудноизменённые породы, сопровож-дающие месторождения Приаргунья, при-уроченные к алюмосиликатным породам. В табл. 2 приведены околорудные изменения месторождений Александровско-Заводского (Меркурьевское, Кодак и др.) и Кличкинско-го (Нойон-Тологой) рудных районов. На дан-ных месторождениях преобладает оруденение колчеданно-полиметаллического состава, а форма рудных тел – жильная, прожилково-вкрапленная. Вмещающими породами явля-ются поздне-среднеюрские эффузивы и их ту-фы, песчаники, конгломераты, алевролиты, редко – карбонатные породы. При этом эф-фузивные и интрузивные породы средне-ос-новного состава, а также осадочные породы окварцованы, серицитизированы, хлоритизи-рованы, карбонатизированы, пиритизирова-ны. Значительно развита на этих месторож-дениях турмалинизация.

Следовательно, в результате метасомати-ческого преобразования алюмосиликатных пород образуются парагенетические ассоци-ации: кварц-серицит-хлорит-карбонат-пирит или кварц-серицит-карбонат-пирит, которые отвечают фациям березитов, а процесс око-лорудного изменения классифицируется как березитизация. К такому же выводу пришли исследователи нового месторождения Нойон-Тологой [10] (рис. 5), где в результате гидро-термально-метасоматического преобразования дациты, андезиты, андезибазальты карбонати-зированы, окварцованы, серицитизированы,

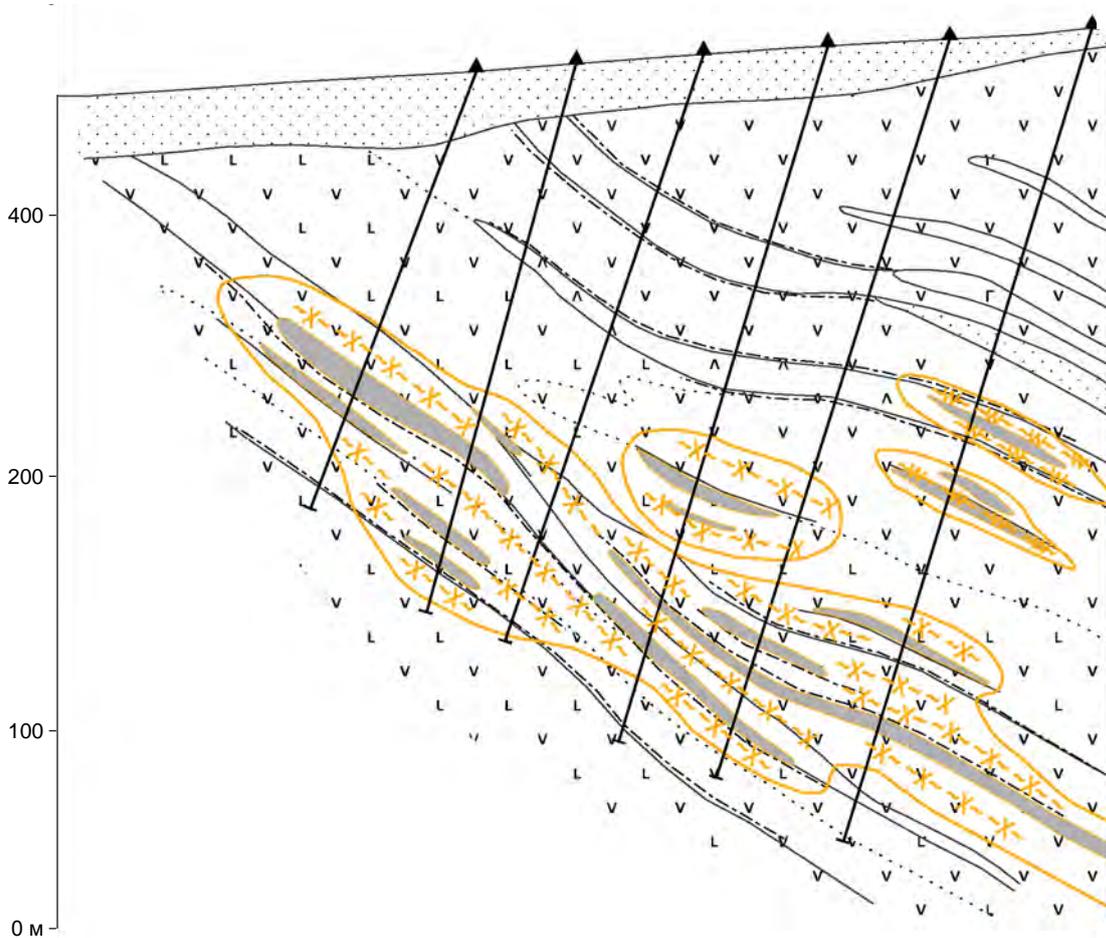


Рис. 5. Схематический разрез через месторождение Нойон-Тологой (с использованием материалов [10]): условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 5. Schematic section across the Noyon-Tologoy deposit (compiled using data from [9]): See Fig. 2 for legend

пиритизированы. Такому же изменению подвержены осадочные породы (алевролиты, песчаники). Образованные при этом околорудно-изменённые породы кварц-серицит-карбонатного состава (с пиритом) классифицируются как березиты [1, 4, 5].

В соответствии с вышесказанным околорудноизменённые породы на месторождениях свинца и цинка Приаргунья образовались (по словам В. А. Жарикова и Б. И. Омеляненко [4]) при едином процессе березитизации. Различия в проявлении процесса березитизации в карбонатных и алюмосиликатных породах обусловлены составом исходных пород. При околорудном метасоматозе пород кислого состава и сланцев образуется фация собст-

венно березитов (кварц-серицит-карбонат-пирит), при изменении пород средне-основного состава – фация, близкая к лиственитам (кварц-серицит-хлорит-пирит), а при изменении карбонатных пород – фация кварц-анкеритовых (с пиритом) метасоматитов.

Для месторождения Аномалия № 1 Кадаинского рудного поля был рассчитан привнос-вынос вещества на 1 м³ по различным литологическим разностям пород [8], в результате чего установлено, что в карбонатных породах происходил привнос K₂O, MnO, FeO, SiO₂, а в алюмосиликатных – привнос K₂O и SiO₂. Между остальными элементами происходил диффузионный обмен между карбонатной и алюмосиликатной средами.



Изучение химизма процесса окolorудного изменения карбонатных и алюмосиликатных пород, характеризующегося привнесением калия, подтверждает вывод, что этот процесс аналогичен березитизации.

Заключение

1. Изучение окolorудноизменённых пород на месторождениях Приаргунской металлогенической зоны как в карбонатной, так и в алюмосиликатной среде привело исследователей 60-х – 70-х годов к выводу о формировании их в процессе березитизации. Изучение этих пород в последние годы на эксплуатируемом месторождении Нойон-Тологой [10] подтвердило ранее высказанную точку зрения.

2. Локальное распространение окolorудных изменений типа березитизации и их тесная связь с рудными телами (свинцово-цинковыми и колчеданно-полиметаллическими) позволяют использовать их в качестве поис-

кового признака при поисках слепых рудных тел. Так, на месторождении Аномалия № 1, в выявлении и изучении которого принимал участие один из авторов [8], в фиксируемой с поверхности зоне изменений в карбонатных породах свинцово-цинковые рудные тела были вскрыты на глубине 60 м. При этом зоны изменения, развитые по известнякам, выделяются по светло-жёлтой окраске, а по доломитам – буровато-коричневой или шоколадно-коричневой.

В заключение необходимо отметить, что охарактеризованные окolorудноизменённые породы, развитые на свинцово-цинковых и колчеданно-полиметаллических месторождениях Восточного Забайкалья, играют важную роль при прогнозе и поисках только в сочетании с другими геологическими поисковыми критериями, в особенности с литолого-стратиграфическими.

Список литературы

1. *Бородаевский Н. Н., Бородаевская М. Б.* Уральские листвениты, березиты и родственные им породы / Уральское петрографическое совещание (Тезисы докладов). – Свердловск, 1961. – № 2. – С. 91–93.
2. *Вопросы геологии и генезиса некоторых свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья* / Труды ИГЕМ АН СССР. Вып. 83. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – 212 с.
3. *Голева Р. В., Редькин С. Ф.* О гидротермальном изменении алюмосиликатных пород на Акатуевском рудном поле (Восточное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. – 1968. – № 1. – С. 41–57.
4. *Жариков В. А., Омеляненко Б. И.* Некоторые проблемы изучения вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями / Изучение закономерностей размещения минерализации при металлогенических исследованиях. – М.: Недра, 1965. – С. 119–188.
5. *Коржинский Д. С.* Очерк метасоматических процессов / Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 335–453.
6. *Кравченко Э. С.* Геохимические особенности гидротермального изменения карбонатных пород, вмещающих полиметаллические рудные тела Акатуевского рудного поля (Восточное Забайкалье). Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой степени канд. г.-м. наук. – Иркутск, 1967. – 23 с.
7. *Кудрявцева Н. Г.* Некоторые особенности гидротермально-изменённых пород Кадаинского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Геология и разведка. – 1967. – № 12. – С. 45–54.
8. *Кудрявцева Н. Г., Филатов Е. И.* Гидротермально изменённые породы полиметаллического месторождения Аномалия № 1 (Восточное Забайкалье) / Труды ЦНИГРИ. Вып. 96, ч. II. – М.: ЦНИГРИ, 1971. – С. 87–98.
9. *Кузнецов В. В., Брель А. И., Богославец Н. Н., Елшина С. Л., Кузнецова Т. П., Серавина Т. В.* Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны // Отечественная геология. – 2018. – № 2. – С. 32–43.
10. *Кузнецов В. В., Брель Л. И., Кузнецова Т. П., Серавина Т. В., Мигачёв И. Ф., Донец А. И., Кудрявцева Н. Г., Богославец Н. Н., Елшина С. Л.*

Особенности строения и минералогическая характеристика руд полиметаллического месторождения в вулканогенных ассоциациях (VMS) Нойон-Тологой // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 65–84.

11. Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Донец А. И., Кудрявцева Н. Г., Кузнецова Т. П., Филиппова С. С. История изучения и основные особенности свинцово-цинково-колчеданных месторождений типа MVT Приаргунской минерагенической зоны // Отечественная геология. – 2023. – № 5. – С. 3–25.
12. Санин Б. П., Зорина Л. Д. Геология и геохимия Кличкинского рудного узла и прогноз оруденения. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд., 1978. – 184 с.
13. Серавина Т. В., Кузнецова Т. П., Кузнецов В. В., Богославец Н. Н. Колчеданно-полиметаллические месторождения Приаргунской минераге-

нической зоны / Материалы IX научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных и цветных металлов – состояние и перспективы». – М. : ЦНИГРИ, 2019. – С. 198–199.

14. Смирнов С. С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. – М. : Изд. АН СССР, 1961. – 507 с.
15. Филатов Е. И., Кудрявцева Н. Г. О магнезиальных скарнах Кадаинского рудного поля // Геология и разведка. – 1967. – № 9. – С. 57–62.
16. Янишевский Е. В. О влиянии гидротермально-измененных карбонатных пород на образование полиметаллических рудных тел и их морфологию на Благодатском месторождении (Восточное Забайкалье) // Геология и разведка. – 1966. – № 4. – 20 с.

References

1. Borodaevskii N. N., Borodaevskaya M. B. Ural'skie listvenity, berezity i rodstvennye im porody [Ural listvenites, beresites and related rocks], Ural'skoe petrograficheskoe soveshchanie (Tezisy докладов) [Ural petrographic conference (Abstracts of reports)], Sverdlovsk, 1961, No 2, pp. 91–93.
2. Voprosy geologii i genezisa nekotorykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdenii Vostochnogo Zabaikal'ya [Geology and genesis issues of some lead-zinc deposits of Eastern Transbaikalia], *Trudy IGEM AN SSSR. Vypusk 83* [Proceedings of the IGEM USSR Academy of Sciences. Issue 83], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1963, 212 p.
3. Goleva R. V., Red'kin S. F. O gidrotermal'nom izmenenii alyumosilikatnykh porod na Akatuevskom rudnom pole (Vostochnoe Zabaikal'e) [On hydrothermal alteration of aluminosilicate rocks in the Akatuevsky ore field (Eastern Transbaikalia)], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of ore deposits], 1968, No 1, pp. 41–57. (In Russ.)
4. Zharikov V. A., Omel'yanenko B. I. Nekotorye problemy izucheniya vmeshchayushchikh porod v svyazi s metallogenicheskimi issledovaniyami [Some problems of studying host rocks in connection with metallogenic studies], *Izuchenie zakononernostei razmeshcheniya mineralizatsii pri metallogenicheskikh issledovaniyakh* [Study of mineralization distribution patterns during metallogenic studies], Moscow, Nedra Publ., 1965, pp. 119–188.
5. Korzhinskii D. S. Ocherk metasomaticheskikh protsessov [Essay on metasomatic processes], *Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh* [Main problems in the theory of magmatogenic ore deposits], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1955, pp. 335–453.
6. Kravchenko E. S. Geokhimicheskie osobennosti gidrotermal'nogo izmeneniya karbonatnykh porod, vmeshchayushchikh polimetallicheskie rudnye tela Akatuevskogo rudnogo polya (Vostochnoe Zabaikal'e) [Geochemical features of hydrothermal alteration of carbonate rocks hosting polymetallic ore bodies of the Akatuevsky ore field (Eastern Transbaikalia)] (abstract of a dissertation submitted for the degree), Irkutsk, 1967, 23 p.
7. Kudryavtseva N. G. Nekotorye osobennosti gidrotermal'no-izmenennykh porod Kadainskogo rudnogo polya (Vostochnoe Zabaikal'e) [Some features of hydrothermally altered rocks of the Kadayinsky ore field (Eastern Transbaikalia)], *Geologiya i razvedka* [Geology and exploration], 1967, No 12, pp. 45–54. (In Russ.)
8. Kudryavtseva N. G., Filatov E. I. Gidrotermal'no izmenennye porody polimetallicheskogo mestorozhdeniya Anomaliya № 1 (Vostochnoe Zabaikal'e)



- [Hydrothermally altered rocks of the Anomaly No. 1 polymetallic deposit (Eastern Transbaikalia)], *Trudy TsNIGRI. Vypusk 96, chast' II [Proceedings of TsNIGRI. Issue 96, part II]*, Moscow, TsNIGRI Publ., 1971, pp. 87–98.
9. Kuznetsov V. V., Brel' A. I., Bogoslavets N. N., Elshina S. L., Kuznetsova T. P., Seravina T. V. Metallogeniya Priargunskoi strukturno-formatsionnoi zony [Metallogeny of the Argun structural-formational zone], *Otechestvennaya geologiya [National geology]*, 2018, No 2, pp. 32–43. (In Russ.)
 10. Kuznetsov V. V., Brel' L. I., Kuznetsova T. P., Seravina T. V., Migachev I. F., Donets A. I., Kudryavtseva N. G., Bogoslavets N. N., Elshina S. L. Osobennosti stroeniya i mineralogicheskaya kharakteristika rud polimetallicheskogo mestorozhdeniya v vulkanogennykh assotsiatsiyakh (VMS) Noion-Tologoi [Structural features and mineralogical characteristics of ores of the polymetallic deposit in volcanogenic associations (VMS) Noyon-Tologoi], *Otechestvennaya geologiya [National geology]*, 2021, No 6, pp. 65–84. (In Russ.)
 11. Kuznetsov V. V., Seravina T. V., Donets A. I., Kudryavtseva N. G., Kuznetsova T. P., Filippova S. S. Istoriya izucheniya i osnovnye osobennosti svintsovo-tsinkovo-kolchedannykh mestorozhdenii tipa MVT Priargunskoi mineragenicheskoi zony [History of the study and the main features of lead-zinc-pyrite deposits of the MVT type of the Priargunsky mineragenic zone], *Otechestvennaya geologiya [National geology]*, 2023, No 5, pp. 3–25. (In Russ.)
 12. Sanin B. P., Zorina L. D. Geologiya i geokhimiya Klichkinskogo rudnogo uzla i prognoz orudneniya [Geology and geochemistry of the Klichinsky ore cluster and mineralization forecast], Novosibirsk, Siberian branch of Nauka Publ., 1978, 184 p.
 13. Seravina T. V., Kuznetsova T. P., Kuznetsov V. V., Bogoslavets N. N. Kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdeniya Priargunskoi mineragenicheskoi zony [Pyrite-polymetallic deposits of the Priargunskaya mineragenic zone], Materialy IX nauchno-prakticheskoi konferentsii "Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdenii blagorodnykh i tsvetnykh metallov – sostoyanie i perspektivy" [*Proceedings of the IX scientific and practical conference "Scientific and methodological foundations for forecasting, prospecting and evaluating deposits of precious and non-ferrous metals – status and prospects"*], Moscow, TsNIGRI Publ., 2019, pp. 198–199.
 14. Smirnov S. S. Polimetallicheskie mestorozhdeniya i metallogeniya Vostochnogo Zabaikal'ya [Polymetallic deposits and metallogeny of Eastern Transbaikalia], Moscow, USSR Academy of Sciences Publ., 1961, 507 p.
 15. Filatov E. I., Kudryavtseva N. G. O magnezial'nykh skarnakh Kadainskogo rudnogo polya [On magnesian skarns of the Kadayinsky ore field], *Geologiya i razvedka [Geology and exploration]*, 1967, No 9, pp. 57–62. (In Russ.)
 16. Yanishevskii E. V. O vliyaniy gidrotermal'no-izmenennykh karbonatnykh porod na obrazovanie polimetallicheskikh rudnykh tel i ikh morfologiyu na Blagodatskom mestorozhdenii (Vostochnoe Zabaikal'e) [On the influence of hydrothermally altered carbonate rocks on the formation of polymetallic ore bodies and their morphology at the Blagodatskoye deposit (Eastern Transbaikalia)], *Geologiya i razvedka [Geology and exploration]*, 1966, No 4, 20 p. (In Russ.)

Кудрявцева Нелли Георгиевна (ngkudryavtseva@tsnigri.ru)

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

Богославец Николай Николаевич

старший научный сотрудник

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

Редакция: В. С. Жаркова, А. В. Зарицкий

Вёрстка: В. Ю. Козлова

Оригинал-макет: А. С. Рязанцева, В. Ю. Козлова

Фото на обложке (Отенит): https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Autunit_portugal4.jpg

Подписано в печать 30.09.25 г. Формат 290 × 205. Бумага листовая. Печать цифровая
Отпечатано в ФГБУ «ЦНИГРИ»: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

Адрес редакции:

117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ФГБУ «ЦНИГРИ»

Телефон: 8 (495) 315-28-47

E-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru

Сайт: <http://www.rm.tsnigri.ru>

© «Руды и металлы», 2025