

ISSN 0869-5997

И РУДЫ 
МЕТАЛЛЫ
ORES AND METALS

3/2023

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ 3/2023

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, 2023

Журнал издаётся при поддержке Международной ассоциации по генезису рудных месторождений



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черных Александр Иванович

главный редактор
генеральный директор ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

Иванов Анатолий Иннокентьевич

заместитель главного редактора
научный руководитель ФГБУ «ЦНИГРИ»
доктор геолого-минералогических наук

Пирайно Франко

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

Наумов Евгений Анатольевич

заместитель главного редактора по общим вопросам
первый заместитель генерального директора ФГБУ «ЦНИГРИ»
кандидат геолого-минералогических наук

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

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, член-корр. РАН

Дементьев Владимир Евгеньевич

генеральный директор АО «Иргиредмет»
кандидат технических наук

Звездов Вадим Станиславович

начальник отдела
металлогении ФГБУ «ЦНИГРИ»
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 минералогии,
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

Зельтманн Реймар

профессор, Музей естественной истории,
г. Лондон, Великобритания

Толстов Александр Васильевич

директор НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО)
доктор геолого-минералогических наук

Фридовский Валерий Юрьевич

директор ИГАБМ СО РАН
доктор геолого-минералогических наук,
профессор

ORES AND METALS 3/2023

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, 2023

The Journal is published with the support of the IAGOD
(International association on the genesis of ore deposits)



EDITORIAL BOARD

Alexander I. Chernykh

Editor-in-chief
General Director, FSBI TsNIGRI
PhD

Anatoly I. Ivanov

Deputy editor-in-chief
Scientific 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

Evgeniy A. Naumov

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

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

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
Corr. Member of RAS

Vladimir E. Dementiev

General Director, JSC Irgiredmet
PhD

Vadim S. Zvezdov

Head of metallogeny department, FSBI TsNIGRI
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

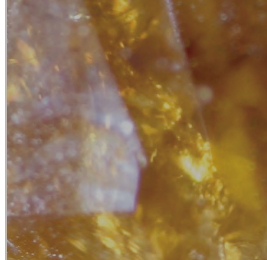
Dr., Professor, Head of CERCAMS
(Centre for Russian and Central EurAsian
Mineral Studies),
Natural History Museum, London

Alexander V. Tolstov

Director, JSC ALROSA (PJSC)
PhD

Valery Yu. Fridovsky

Director, IGABM SB RAS
PhD, Professor



СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

**Черных А. И., Гирфанов М. М.,
Истомин В. А., Фёдоров Д. Т.,
Пашков В. С., Сватков А. С.**

Минерально-сырьевая база
стран СНГ Центрально-Азиатского
региона: состояние, направления
взаимодействия и развития

06

APPLIED METALLOGENY

**Chernykh A. I., Girfanov M. M.,
Istomin V. A., Fedorov D. T.,
Pashkov V. S., Svatkov A. S.**

Mineral resource base of the CIS
countries of the Central Asian region:
status, areas of interaction
and development

Гаськов И. В.

Эндогенное золото
российского Алтая

37

Gaskov I. V.

Endogenous gold
of the russian Altai

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Левочская Д. В., Якич Т. Ю.,
Лесняк Д. В., Рудмин М. А.,
Рубан А. С., Ерофеев А. Е.,
Мазуров А. К.**

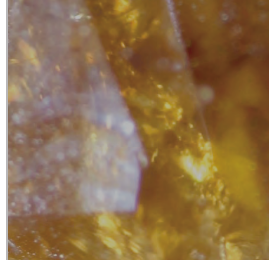
Основные этапы рудообразования
эпитермального месторождения золота
Светлое (Хабаровский край)
на базе изучения вещественного
состава метасоматитов и руд

61

METHODS AND TECHNIQUES OF MINERAL DEPOSIT FORECASTING, PROSPECTING, ASSESSMENT AND EXPLORATION

**Levochkaya D. V., Yakich T. Yu.,
Lesnyak D. V., Rudmin M. A.,
Ruban A. S., Erofeev A. E.,
Mazurov A. K.**

The main stages of ore formation
of the Svetloe epithermal gold deposit
(Khabarovsk Region) based on the study
of the mineral composition
of metasomatic rocks and ores



СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Николаев Ю. Н., Балыкова И. В.,
Кузин С. В., Бакшеев И. А.,
Аплеталин А. В., Прокофьев В. Ю.,
Власов Е. А., Калько И. А.,
Косятков В. В.**

Состав, условия формирования,
закономерности размещения
и зональность золотого оруденения
в Стадухинском рудно-россыпном
районе (Западная Чукотка)

87

GEOLOGY OF ORE DEPOSITS

**Nikolaev Yu. N., Balykova I. V.,
Kuzin S. V., Baksheev I. A.,
Apletalin A. V., Prokofiev V. Yu.,
Vlasov E. A., Kalko I. A.,
Kosyatov V. V.**

Composition, formation conditions,
distribution patterns and zoning
of gold mineralization
in the Stadukhinsky ore-placer
region (Western Chukotka)

**Пак Н. Т., Ивлева Е. А., Шатов В. В.,
Шатова Н. В., Гончаренко А. А.**

Кварц-турмалиновые метасоматиты
на месторождениях золота
в Актюз-Боординском рудном районе
(Северный Тянь-Шань, Кыргызстан)

106

**Pak N. T., Ivleva E. A., Shatov V. V.,
Shatova N. V., Goncharenko A. A.**

Quartz-tourmaline metasomatites
in gold deposits in Aktyuz-Boordinsky
ore district (Northern Tien Shan,
Kyrgyzstan)

НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ

Академик Г. В. Богомолов –
первооткрыватель

121

NEWS, INFORMATION

Academician G. V. Bogomolov –
discoverer



Минерально-сырьевая база стран СНГ Центрально-Азиатского региона: состояние, направления взаимодействия и развития

Черных А. И., Гирфанов М. М., Истомин В. А., Фёдоров Д. Т., Пашков В. С., Сватков А. С.

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

Аннотация. Страны Центрально-Азиатского региона СНГ – Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Республика Таджикистан, Республика Узбекистан – располагают мощной минерально-сырьевой базой (МСБ) практически по всему спектру минерального сырья – чёрным, цветным, благородным, редким металлам и горючим полезным ископаемым. Основа этого богатства была заложена в период существования Советского Союза, когда совместными усилиями союзных республик проводилось систематическое геологическое изучение их территории, создавались горнодобывающая промышленность и металлургия. В статье рассматриваются состояние МСБ и рудничного производства минерального сырья региона, в первую очередь, относительно «базовых» цветных (медь, свинец, цинк, никель) и благородных (золото и серебро) металлов.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, цветные металлы, благородные металлы, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Республика Таджикистан, Республика Узбекистан, Российская Федерация, СНГ, Центрально-Азиатский регион.

Для цитирования: Черных А. И., Гирфанов М. М., Истомин В. А., Фёдоров Д. Т., Пашков В. С., Сватков А. С. Минерально-сырьевая база стран СНГ Центрально-Азиатского региона: состояние, направления взаимодействия и развития. Руды и металлы. 2023. № 3. С. 6–36. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10011.

Mineral resource base of the CIS countries of the Central Asian region: status, areas of interaction and development

Chernykh A. I., Girfanov M. M., Istomin V. A., Fedorov D. T., Pashkov V. S., Svatkov A. S.

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

Annotation. The countries of the Central Asian region of the CIS – the Republic of Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, the Republic of Tajikistan, the Republic of Uzbekistan – have a powerful mineral resource base (MRB) covering almost the entire spectrum of mineral raw materials: ferrous, non-ferrous, noble, rare metals and combustible minerals. The foundation of this wealth was laid during the existence of the Soviet Union, when the joint efforts of the union republics carried out a systematic geological study of their territory and created the mining industry and metallurgy. The article discusses the state of MRB and mining production of mineral raw materials in the region, primarily regarding “basic” non-ferrous (copper, lead, zinc, nickel) and precious (gold and silver) metals.

Keywords: mineral resource base, non-ferrous metals, precious metals, Republic of Kazakhstan, Kyrgyz Republic, Republic of Tajikistan, Republic of Uzbekistan, Russian Federation, CIS, Central Asian region.

For citation: Chernykh A. I., Girfanov M. M., Istomin V. A., Fedorov D. T., Pashkov V. S., Svatkov A. S. Mineral resource base of the CIS countries of the Central Asian region: status, areas of interaction and development. Ores and metals. 2023. No. 3. pp. 6-36. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10011.



Введение

Страны Центрально-Азиатского региона являются крупными производителями различных видов минерального сырья. Для них характерна высокая доля горнодобывающей промышленности в общем объеме промышленной продукции (от 12 до 32 %) и значительный рост горнорудного производства за последние 10 лет.

Минерально-сырьевой сектор экономики в этих странах, как и во всем мире, сталкивается с проблемой истощения запасов полезных ископаемых, подготовленных в значительной степени в 50–80-х годах прошлого века. При этом потенциал воспроизводства минерально-сырьевой базы горнодобывающей промышленности региона остаётся весьма высоким, что привлекает к нему внимание зарубежных, в том числе российских горнодобывающих и геологоразведочных компаний.

Данная статья посвящена обзору состояния минерально-сырьевой базы горнодобывающей промышленности стран Центрально-Азиатского региона и основана на данных из самых различных источников. Широко использованы материалы интернет-порталов «Горная энциклопедия» (www.mining-enc.ru), Webmineral.ru, а также Центрально-Азиатского геопортала (<https://cas-geoportal.org>), включающего разделы о Казахстане (<https://geoportal-kz.org>), Кыргызстане (<https://geoportal-kg.org>), Таджикистане (<https://geoportal-tj.org>), поддерживаемые геологическими службами этих стран. Использована информация, содержащаяся на сайтах государственных геологических служб: Комитета геологии и недропользования Республики Казахстан, Департамента геологии и недропользования при Министерстве природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики, Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан, Министерства горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан, других официальных служб. Как наиболее достоверная рассматривалась информация, содержащаяся на официальных сайтах ведущих горнорудных компаний, действующих в регионе, таких как «Казцинк»,

«Казахмыс», «Казминералз», «Алтыналмас», «Казатомпром», «Кыргызалтын», «Алмалыкский ГМК», «Навоийский ГМК», «Полиметалл» и другие. Использованы также данные платформы S&P Global Market Intelligence, статистические данные, содержащиеся в бюллетенях Геологической службы США (U.S. Geological Survey) и Великобритании (BGS), публицистические материалы, выпущенные в различных интернет-изданиях.

Представленные в статье данные о запасах, ресурсах и объемах производства полезных ископаемых основаны на экспертных оценках, являются ориентировочными и служат исключительно для общей характеристики минерально-сырьевой специализации и потенциала рассматриваемых стран, что должно способствовать определению ключевых направлений взаимодействия между странами в сфере геологии и недропользования в целях укрепления и дальнейшего развития минерально-сырьевого сектора региона.

Общая характеристика геологического строения и минерально-сырьевого комплекса Центрально-Азиатского региона СНГ

В западной части Центрально-Азиатского региона расположены четыре страны-участника СНГ – Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Республика Таджикистан, Республика Узбекистан, а также Туркменистан, входящий в СНГ в качестве ассоциированного члена (рис. 1). Развитие экономической и хозяйственной деятельности рассматриваемых стран в XX веке характеризуется общей историей и тесным взаимодействием. Совместные усилия союзных республик в геологическом изучении и проведении геологоразведочных работ заложили основу минерально-сырьевого потенциала этих стран. Взаимное обогащение знаниями и опытом работ позволило в короткий период добиться успехов в изучении геологии Тянь-Шаньского горно-складчатого региона и прилегающих территорий. Резкий рост запасов широкого спектра полезных ископаемых позволил создать мощную горнодобывающую и металлургическую промышленность на западе Центральной Азии.



Рис. 1. Страны СНГ Центрально-Азиатского региона и их ближайшее окружение

Fig. 1. CIS countries of the Central Asian region and neighboring countries

Перечисленные четыре страны Центрально-Азиатского региона СНГ обладают мощной минерально-сырьевой базой (МСБ) мирового значения по основным видам твёрдых полезных ископаемых (ТПИ). Так, доля ресурсов и запасов этих стран от мировых составляет (%): по меди – около 3, свинцу – 6,7, цинку – 4,6, золоту – 4, а по серебру – 17 (за счёт перспективных ресурсов серебра Таджикистана) (рис. 2). Значительная МСБ позволяет развивать интенсивное рудничное производство. Доля рассматриваемых стран в мировом рудничном производстве составляет (%): по меди – около 3, свинцу – 2,4, цинку – 2,8, золоту – 6,3, серебру – 2,7 (рис. 3).

Как видно из приведённых диаграмм, по суммарным запасам и ресурсам «базовых» цветных (медь, свинец, цинк – за исключением никеля) и благородных (золото и серебро)

металлов страны Центрально-Азиатского региона СНГ практически не уступают таким мировым минерально-сырьевым державам, как Россия и Китай. При этом суммарное производство этих видов ТПИ в регионе примерно в 1,5–2 раза ниже российского (несколько превышая его по цинку) и существенно отстаёт от китайского: в три раза по меди, в пять раз по серебру и более чем на порядок – по свинцу и цинку (по золоту и никелю – в 1,5–2 раза). Таким образом, наиболее существенные диспропорции между МСБ и рудничным производством в регионе заметны по свинцу и серебру, что позволяет ожидать в будущем существенного увеличения их производства.

В геологическом отношении рассматриваемая территория отвечает западной части Урало-Монгольского (Центрально-Азиатского) подвижного пояса (включая большую часть Ка-

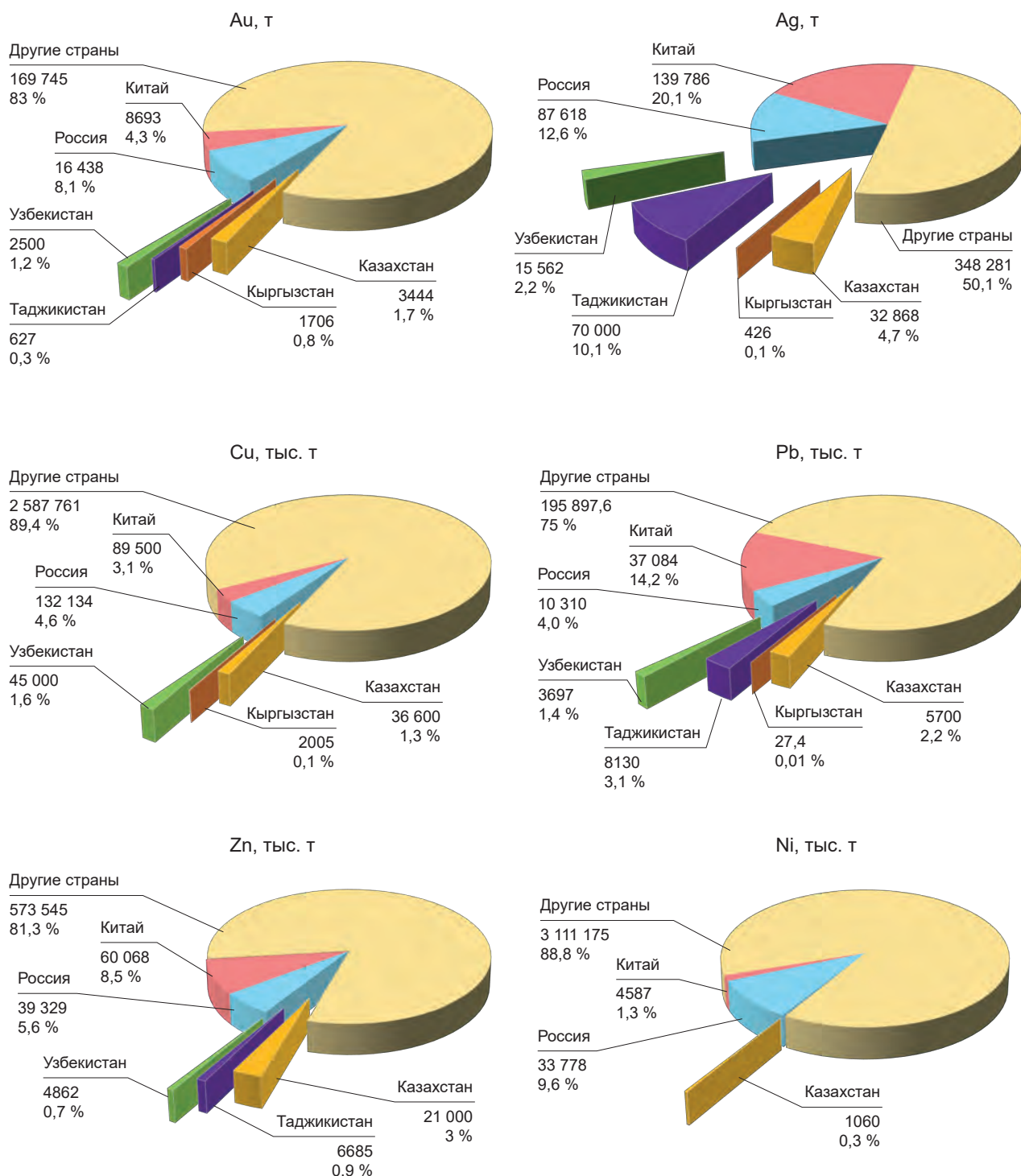


Рис. 2. Запасы и ресурсы золота, серебра, меди, свинца, цинка и никеля стран СНГ Центрально-Азиатского региона в сравнении с Россией, Китаем и другими странами мира, 2021 г. (по данным разных источников)

Fig. 2. Reserves and resources of gold, silver, copper, lead, zinc and nickel in the CIS countries of the Central Asian region in comparison with Russia, China and other countries of the world, 2021

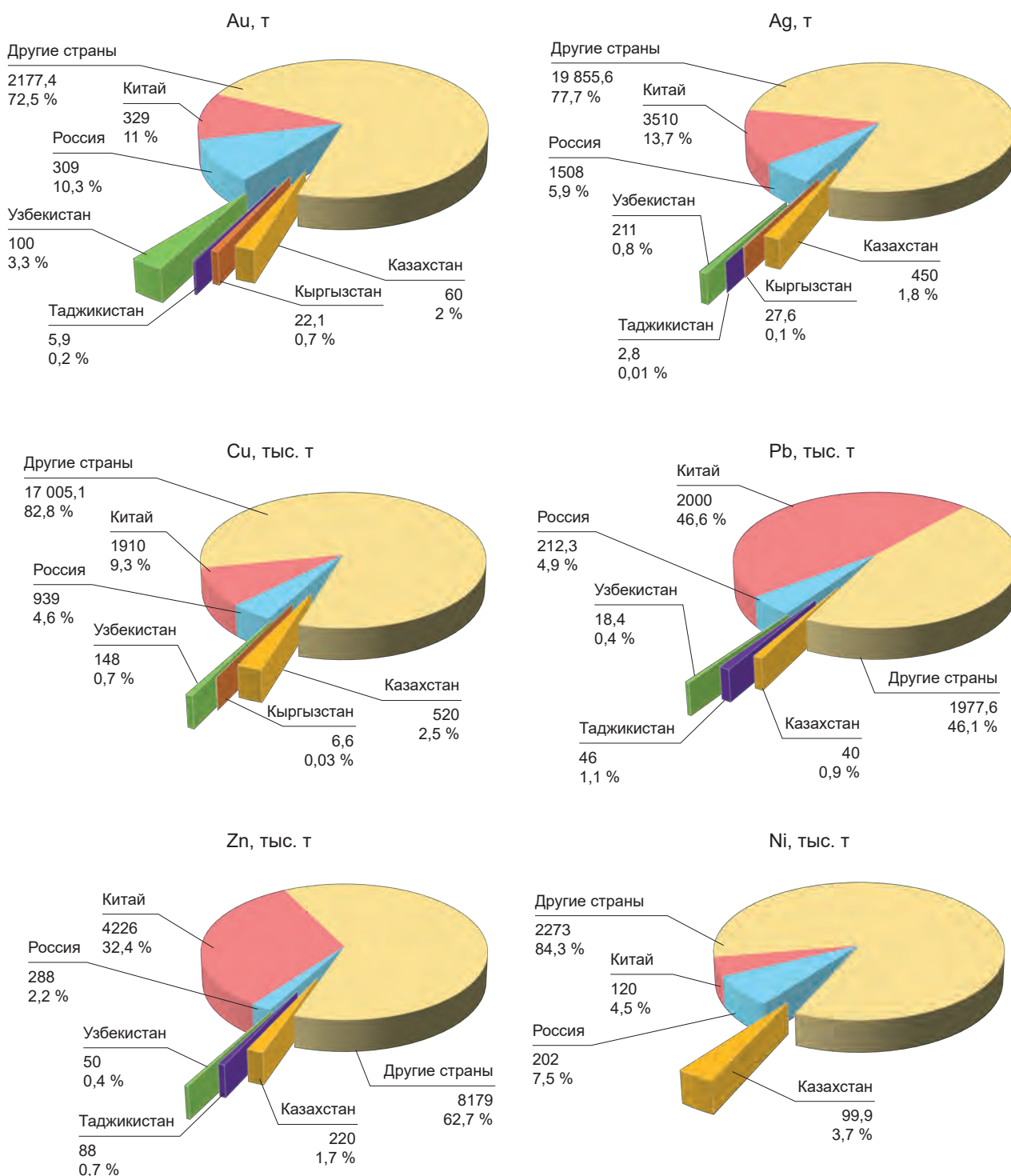


Рис. 3. Рудничное производство золота, серебра, меди, свинца, цинка и никеля странами СНГ Центрально-Азиатского региона в сравнении с Россией, Китаем и другими странами мира, 2021 г. (по данным разных источников)

Fig. 3. Mine production of gold, silver, copper, lead, zinc and nickel by the CIS countries of the Central Asian region in comparison with Russia, China and other countries of the world, 2021



захстанско-Тяньшаньского и южное выклинивание Уральского выступов фундамента, а также Северо-Туранскую и частично Западно-Сибирскую плиты с Тургайским прогибом). Также захватываются небольшие участки геотектонических структур обрамления Урало-Монгольского пояса – Восточно-Европейской платформы на западе и Средиземноморского подвижного пояса на юге (рис. 4) [5, 11]. Большинство месторождений и проявлений твёрдых металлических полезных ископаемых приурочено к горно-складчатым сооружениям на западе, юге и востоке Казахстана, в Узбекистане, Таджикистане и Кыргызстане.

При отмеченном геологическом и металлогеническом единстве Центрально-Азиатского региона, минерально-сырьевая база каждой из стран в его составе обладает индивидуальными чертами, которые кратко излагаются ниже.

Республика Казахстан

Республика Казахстан – крупнейшая по площади страна Центрально-Азиатского региона СНГ (~ 2,7 млн км²), которая обеспечивает 60 % ВВП всего региона.

В геологическом отношении Казахстан характеризуется максимальным разнообразием (рис. 5). Большая часть восточной половины территории страны занята выступом складчатого основания Урало-Монгольского пояса, в составе которого выделяются разновозрастные складчатые системы: каледонская Кокчетавско-Северо-Тяньшаньская, каледоно-герцинские Чингиз-Тарбагатайская и Алтае-Салаирская, герцинские Джунгаро-Балхашская, Иртыш-Зайсанская, Срединного Тянь-Шаня и Южного Тянь-Шаня. Характерными и важными в металлогеническом отношении здесь являются остаточные срединные массивы с выходами докембрийского фундамента (Кокчетавский, Улутауский), наложенные орогенные структуры в пределах складчатых систем – эпикаледонские (сингерцинские) орогенные впадины (Тенгизская, Джезказганская) и Девонский краевой вулcano-плутонический пояс, а также позднегерцинский Балхашско-Илийский вулcano-плутонический пояс. Центральная часть территории страны сложена комплексами эпипалеозойского чехла Тур-

гайского прогиба и Северо-Туранской плиты, имеются крупные наложенные кайнозойские впадины (Балхашская и другие). В западной части Казахстана выделяются крупные фрагменты Прикаспийской батисинеклизы Восточно-Европейской платформы и Донецко-Северо-Устюртской метаплатформенной области и зажатая между ними южная оконечность герцинской Уральской складчатой системы, а также небольшой фрагмент Южно-Туранской плиты, относящейся уже к структурам Средиземноморского пояса. Перечисленные крупные геотектонические блоки разделяются глубинными разломами, в т. ч. Центрально-Казахстанским, Мангышлакско-Гиссарским, Талассо-Ферганским, Каратауским и другими, широко распространены зоны развития разновозрастных офиолитовых ассоциаций [5, 11].

Одна из важнейших отраслей экономики Республики Казахстан – горнодобывающая промышленность. Казахстан занимает второе место после России среди стран СНГ и 13-е место в мире среди 70 горнодобывающих стран по объёмам добычи полезных ископаемых.

Из добываемых в стране руд производят цветные и чёрные, а также редкие и редкоземельные металлы, глинозём, мышьяк, барит и фосфориты [13].

В экспортной выручке Казахстана более двух третей приходится на экспорт минеральной продукции. По открытым данным, в 2021 г. экспорт минеральных продуктов из страны составил около 40 млрд долл. США, а импорт – 2,7 млрд долл. США. Основными источниками экспортной выручки Казахстана являются сырая нефть, ферросплавы, медь, природный газ и плоский прокат. Казахстан – один из мировых лидеров по экспорту урана.

Минерально-сырьевая база горнодобывающей промышленности страны характеризуется высокой степенью диверсификации, включая значимые запасы и ресурсы большинства видов полезных ископаемых – углеводородов, угля, чёрных, цветных, редких и благородных металлов, нерудного минерального сырья [3, 13, 17, 18].

Доказанные запасы *нефти и газового конденсата* в Казахстане – 3,93 млрд т. Известны 14 перспективных нефтегазовых бассейнов

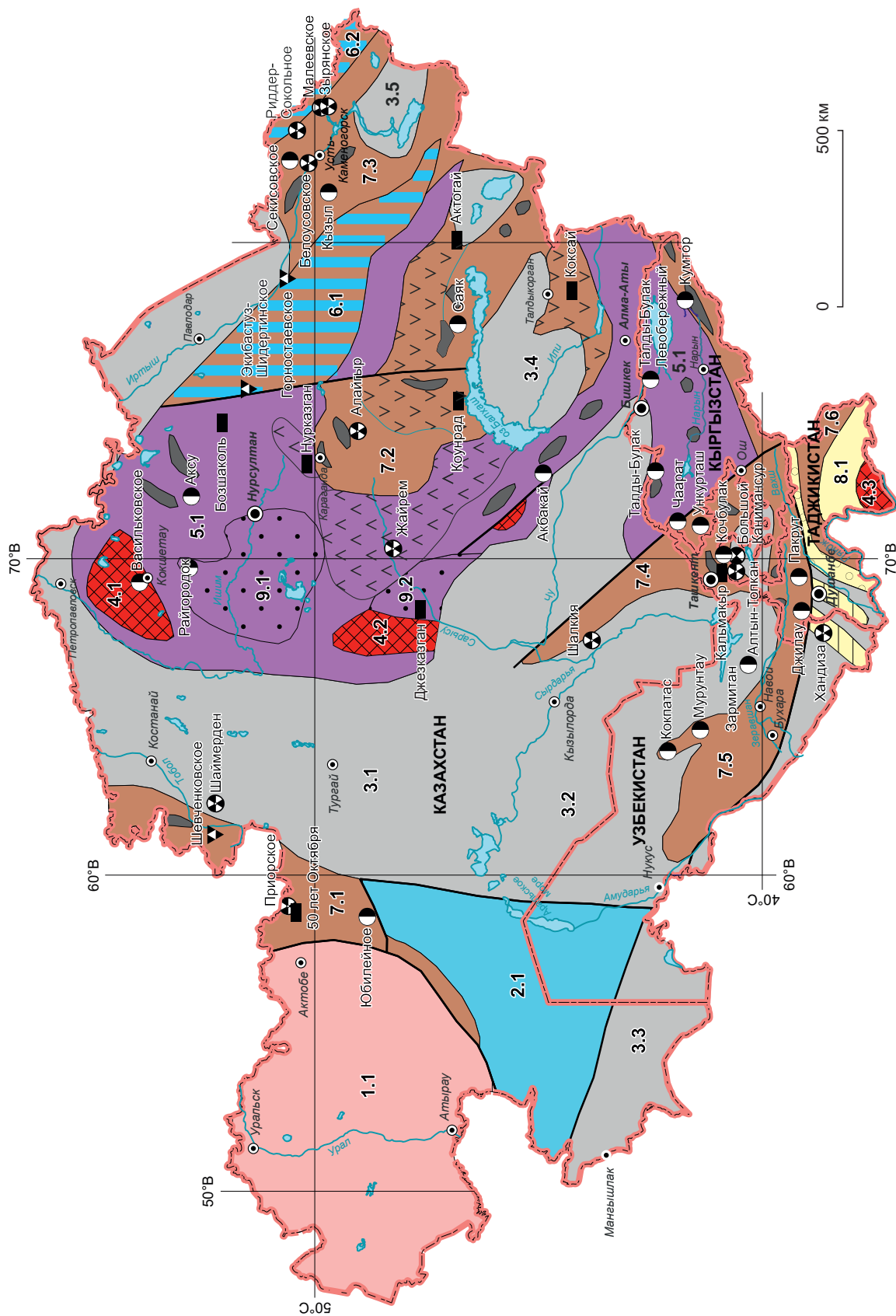




Рис. 4. Схема тектонического районирования Центрально-Азиатского региона СНГ (по [5, 11] с упрощениями):

платформенные области: 1 – Прикаспийская батисинеклиза Восточно-Европейской платформы (1.1), 2 – Донецко-Северо-Устьюртская металлогорменная область (2.1), 3 – молодые эпипалеозойские плиты и наложенные кайнозойские впадины (3.1 – Тургайский прогиб, 3.2 – Северо-Туранская плита, 3.3 – Южно-Туранская плита, 3.4 – Балхашская впадина, 3.5 – Зайсанская впадина); 4 – крупные выступы докембрийского метаморфического фундамента в пределах остаточных срединных массивов (4.1 – Кокчетавский, 4.2 – Улу-тауский, 4.3 – Юго-Западного Памира); складчатые системы: 5 – каледонские (5.1 – Кокчетавско-Северо-Тяньшаньская), 6 – каледонские, переработанные в эпоху герцинской складчатости (6.1 – Чингиз-Тарбагатайская, 6.2 – Алтае-Салаирская), 7 – герцинские (7.1 – Уральская, 7.2 – Джунгаро-Балхашская, 7.3 – Иртыш-Зайсанская, 7.4 – Срединного Тянь-Шаня, 7.5 – Южного Тянь-Шаня, 7.6 – Калайхумбско-Каракульская), 8 – альпийские (8.1 – Центрально-Памирская); наложенные орогенные структуры в пределах складчатых систем: 9 – эпикаледонские (сингерцинские) орогенные впадины в области каледонской складчатости (9.1 – Тенгизская, 9.2 – Джезказганская), 10 – эпикаледонский Девонский краевой вулкано-плутонический пояс, 11 – позднегерцинский Балхашско-Илийский вулкано-плутонический пояс, 12 – альпийский Предпамирский краевой прогиб; 13 – участки молодых плит, подвергшиеся складчатости в конце альпийского цикла; 14 – зоны широкого развития разновозрастных офиолитовых ассоциаций; 15 – главные блокоразделяющие разломы; основные промышленные месторождения цветных и благородных металлов: 16 – меди, 17 – никеля и кобальта, 18 – полиметаллов, 19 – золота, 20 – серебра

Fig. 4. Scheme of tectonic zoning of the Central Asian region of the CIS (according to [5, 11] with simplifications):

platform areas: 1 – Caspian bathysyncline of the East European Platform (1.1), 2 – Donetsk-North Ustyurt metaplatfom region (2.1), 3 – young EpiPaleozoic plates and superimposed Cenozoic depressions (3.1 – Turgai trough, 3.2 – North Turanian plate, 3.3 – South Turanian plate, 3.4 – Balkhash depression, 3.5 – Zaisan depression); 4 – large projections of the Precambrian metamorphic basement within the residual middle massifs (4.1 – Kokchetav, 4.2 – Ulutau, 4.3 – South-Western Pamir); folded systems: 5 – Caledonian (5.1 – Kokchetav-North Tien Shan), 6 – Caledonian, reworked during the era of Hercynian folding (6.1 – Chingiz-Tarbagatai, 6.2 – Altai-Salaïr), 7 – Hercynian (7.1 – Ural, 7.2 – Dzungar-Balkhash, 7.3 – Irtysh-Zaisan, 7.4 – Middle Tien Shan, 7.5 – Southern Tien Shan, 7.6 – Kalaikhumb-Karakul), 8 – Alpine (8.1 – Central Pamir); superimposed orogenic structures within folded systems: 9 – epicaledonian (Singertzin) orogenic depressions in the area of caledonian folding (9.1 – Tengiz, 9.2 – Dzhezkazgan), 10 – epicaledonian Devonian marginal volcano-plutonic belt, 11 – late Hercynian Balkhash-Ili volcano-plutonic belt, 12 – alpine Pre-Pamir marginal trough; 13 – areas of young plates that underwent folding at the end of the Alpine cycle; 14 – zones of widespread development of ophiolite associations of different ages; 15 – main block-dividing faults; main industrial deposits of non-ferrous and precious metals: 16 – copper, 17 – nickel and cobalt, 18 – polymetals, 19 – gold, 20 – silver

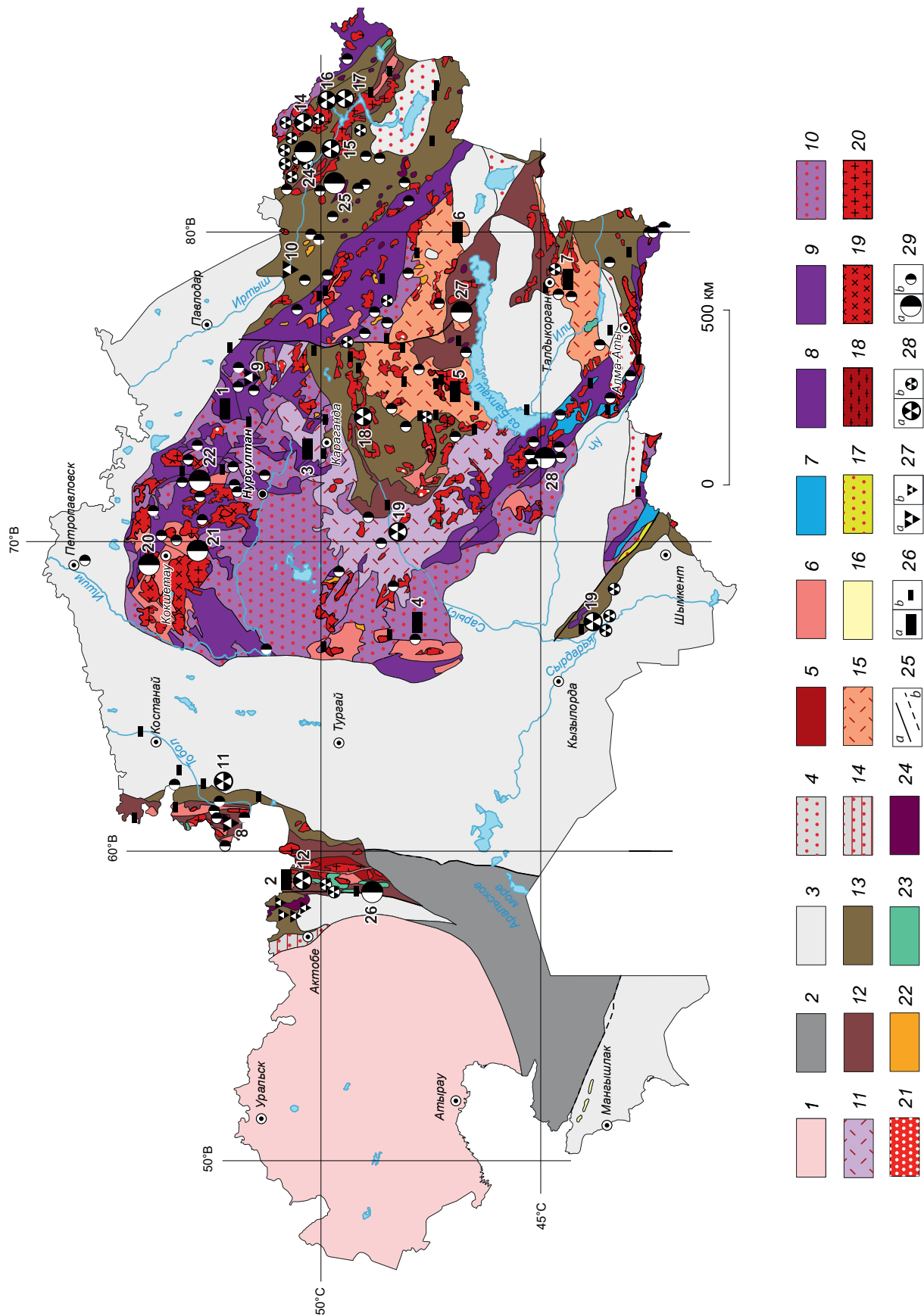




Рис. 5. Схема распределения месторождений меди, никеля, свинца, цинка и золота Республики Казахстан (геологическая основа по [11]):

области распространения комплексов платформенного чехла: 1 – древних платформ, 2 – метаталлформ и авлакогенов, 3 – молодых эпипалеозойских плит и наложенных кайнозойских впадин; 4 – предгорные и межгорные впадины, выполненные плиоцен-четвертичными орогенными отложениями; выступы докембрийских метаморфических складчатых комплексов: 5 – архейских, 6 – нижнепротерозойских, 7 – верхнепротерозойских; области каледонской складчатости: 8 – антиклинории и другие относительные поднятия (PZ₁), 9 – синклинории и другие относительные прогибы (O–S₁), 10 – наложенные сингерцинские (D–P) орогенные впадины в областях салаирской и каледонской складчатости, 11 – наложенные эпикаледонские (D₁₋₂) вулканические пояса (Девонский краевой вулканический пояс); области герцинской складчатости: 12 – антиклинории и другие относительные поднятия, 13 – синклинории и другие относительные прогибы (Предуральский), 15 – позднегерцинские (C₂–P) вулканические пояса (Джунгаро-Балхашский); области постгерцинских деформаций: 16 – раннекиммерийский (индосинийский) складчатый комплекс (PZ₃–T), 17 – позднекиммерийский (яньшанский) краевой прогиб (J или K₁); интрузивные и протрузивные массивы: 18 – батолиты, купола гранитоидов и гранитов протерозоя (PR), 19 – батолиты, штоки гранитов раннего палеозоя (C, O, S), 20 – батолиты, штоки гранитов позднего палеозоя (D, C, P), 21 – массивы гранитов допозднемеловые (T, J, K₁), 22 – массивы сиенитов, не расчленённые по возрасту, 23 – массивы габброидов в складчатых поясах, не расчленённые по возрасту, 24 – протрузивные тела пород офиолитовой ассоциации, не расчленённые по возрасту; 25 – главнейшие разломы (a – установленные, b – предполагаемые); месторождения и рудопроявления: 26 – меднорудные (a – крупные (1 – Бозшаколь, 2 – 50 лет Октября, 3 – Нурказган, 4 – Джезказган, 5 – Коунрад, 6 – Актогай, 7 – Коксай), b – прочие), 27 – никель-кобальтовые (a – крупные и средние (8 – Шевченковское, 9 – Экибастуз-Шидертинское, 10 – Горностаевское), b – прочие), 28 – полиметаллические (a – крупные (11 – Шаймерден, 12 – Приорское, 14 – Риддер-Сокольное, 15 – Белоусовское, 16 – Малеевское, 17 – Зырянское, 18 – Алайгыр, 19 – Жайрем), b – прочие), 29 – золоторудные (a – крупные (20 – Васильковское, 21 – Райгородок, 22 – Аксу, 24 – Секисовское, 25 – Кызыл (Бакырчик), 26 – Юбилейное, 27 – Саяк, 28 – Акбакай), b – прочие)

Fig. 5. Distribution diagram of deposits of copper, nickel, lead, zinc and gold in the Republic of Kazakhstan (geological basis according to [11]):

areas of distribution of platform cover complexes: 1 – ancient platforms, 2 – metaplatforms and aulacogens, 3 – young EpiPaleozoic plates and superimposed Cenozoic depressions; 4 – foothill and intermountain depressions filled with Pliocene-Quaternary orogenic deposits; projections of Precambrian metamorphic folded complexes: 5 – Archean, 6 – Lower Proterozoic, 7 – Upper Proterozoic; areas of Caledonian folding: 8 – anticlinoriums and other relative uplifts (PZ₁), 9 – synclinoriums and other relative troughs (O–S), 10 – superimposed Singertzin (D–P) orogenic depressions in the areas of Salair and Caledonian folding, 11 – superimposed epicaledonian (D₁₋₂) volcanic belts (Devonian marginal volcanic belt); areas of Hercynian folding: 12 – anticlinoriums and other relative uplifts, 13 – synclinoriums and other relative troughs, 14 – late Hercynian (C₂–P) marginal troughs (Pre-Ural), 15 – late Hercynian (C₂–P) volcanic belts (Dzungaro-Balkhash); areas of post-Hercynian deformations: 16 – Early Cimmerian (Indosinian) folded complex (PZ₃–T), 17 – Late Cimmerian (Yanshan) marginal trough (J or K₁); intrusive and protrusive massifs: 18 – batholiths, domes of granite-gneisses and granites of the Proterozoic (PR), 19 – batholiths, stocks of granites of the early Paleozoic (C, O, S), 20 – batholiths, stocks of gabbroid massifs in folded belts, not classified by age, 21 – pre-Late Cretaceous granite massifs (T, J, K₁), 22 – syenite massifs, not classified by age, 23 – gabbroid massifs in folded belts, not classified by age, 24 – protrusive bodies of ophiolite association rocks, not classified by age; 25 – major faults (a – established, b – suspected); deposits and ore occurrences: 26 – copper ore (a – large (1 – Bozshakol, 2 – 50 let Otyabrya, 3 – Nurkazgan, 4 – Dzhezkazgan, 5 – Kounrad, 6 – Aktogay, 7 – Koksay), b – other), 27 – nickel-cobalt (a – large and medium (8 – Shevchenkovskoe, 9 – Ekibastuz-Shidertinskoe, 10 – Gornostaevskoe), b – other), 28 – polymetallic (a – large (11 – Shaimerden, 12 – Priorskoe, 14 – Ridder-Sokolnoye, 15 – Belousovskoye, 16 – Maleevskoye, 17 – Zyryanskoye, 18 – Alaigyr, 19 – Zhairam), b – other), 29 – gold ore (a – large (20 – Vasilkovskoye, 21 – Raigorodok, 22 – Aksu, 24 – Sekisovskoe, 25 – Kyzyl (Bakyrchik), 26 – Yubileinoe, 27 – Sayak, 28 – Akbakai), b – others)



(Урало-Эмбинско-Актюбинский нефтегазовый район, юго-восток Прикаспийской низменности, полуостров Мангышлак), в которых разведаны 160 месторождений нефти и газа, а извлекаемые запасы нефти составляют 2,7 млрд т.

Запасы *каменного угля* в Казахстане весьма значительны (достоверные более 2,2 млрд т), разведано свыше 400 месторождений. Большая их часть расположена в Карагандинском и Экибастузском угленосных бассейнах.

Общие запасы и ресурсы *урана* достигают 1 млн т (15 % от мировых запасов), занимая второе место после Австралии. Крупнейшие урановые месторождения страны – Инкай (148 тыс. т), Будёновское (120 тыс. т), ЮГХК (77 тыс. т), Акбастау (36 тыс. т) и др.

Казахстан является одним из крупнейших в мире производителей энергетического сырья, в том числе, по разным данным, угля (112 млн т), природного газа (32 млрд м³), нефти (86 млн т), урана (21,8 тыс. т). По добыче урана Казахстан с 2009 г. удерживает первое место в мире (~ 45 % мировой добычи).

Общие запасы *железных руд* Казахстана, по экспертным данным, составляют около 9 млрд т, в т. ч. достоверные 2,5 млрд т (место в мировой десятке). Железорудные месторождения расположены преимущественно в Северном Казахстане. Наибольшее значение имеют Качканарское, Соколовское и Сарбайское месторождения магнетитовых руд в Кустанайской области. Руды в этих месторождениях высокого качества и содержат до 40–45 % железа.

Казахстан занимает первое место в мире по запасам *хромитов* (230 млн т в пересчёте на металл, или около 30 % мировых запасов) и является одним из мировых лидеров по его ресурсам. Крупнейшие месторождения хромитов сосредоточены в пределах Кемпирсайского ультраосновного массива (Алмаз-Жемчужина, Миллионное, 40 лет Казахской ССР, Молодёжное и др.) и отличаются высоким качеством хромитов (среднее содержание Cr₂O₃ ~ 50 %).

По запасам *марганцевых руд* (5 млн т марганца) страна входит в мировую десятку. Марганец добывается из комплексных железо-

марганец-полиметаллических месторождений Атасуйского района (Каражал, Ушкатын, Жайрем) в Улытауской области Казахстана [17].

По добыче руд чёрных металлов Казахстан также сохраняет лидирующие позиции. В 2021 г. добыто 64 млн т железных руд, по достигнутому ежегодному уровню добычи хромитов (7 млн т, или до 20 % мирового производства) он уступает только Южной Африке, а по добыче марганца (160 тыс. т) входит в число 15 ведущих стран мира [17].

Особо следует отметить важное значение, которое как для Казахстана, так и СНГ в целом имеют располагаемые им запасы и ресурсы благородных и цветных металлов. Данные по их МСБ и рудничному производству по состоянию на 2021 г. сведены в таблицу (табл. 1; см. рис. 2, 3).

Запасы *бокситов* в Казахстане относительно невелики (около 660 млн т). Главные месторождения расположены на северо-востоке Казахской складчатой зоны и в Тургайском прогибе и приурочены к песчано-глинистым образованиям послегерцинского платформенного чехла. По добыче бокситов (5,2 млн т в год) Казахстан входит в десятку ведущих стран, значительно уступая лидерам – Гвинее, Вьетнаму, Австралии, Бразилии и др.

Казахстан обладает значительными объемами запасами *медных руд* – около 36 млн т выявленных запасов. Основу МСБ меди Казахстана обеспечивают крупнейшие месторождения медистых песчаников (Джезказган), комплексных медно-колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд (Лениногорское, Зыряновское, Артемьевское и др. в Рудном Алтае, Восточный Казахстан), медно-порфировых (Актогай и Айдарлы, Бозшаколь, Коксай и др.) [23] и медно-скарновых (Саяк) руд.

Рудничное производство меди в 2021 г. составило 520 тыс. т. Доля страны в мировой добыче и производстве рафинированной меди около 2,5 % (второе место в СНГ).

Минерально-сырьевая база *никеля* Казахстана невелика, разведанные запасы металла составляют около 1,4 млн т. Они сосредоточены в месторождениях силикатных никелевых руд в Западно-Тургайском никелевом районе



Табл. 1. Запасы, ресурсы и производство руд цветных и благородных металлов в Республике Казахстан по состоянию на 2021 г. (по данным S&P Global Market Intelligence, бюллетеня USGS "Mineral commodity summaries 2022" и другим источникам)

Table 1. Reserves, resources and production of non-ferrous and precious metal ores in the Republic of Kazakhstan as of 2021 (according to S&P Global Market Intelligence, USGS bulletin "Mineral commodity summaries 2022" and other sources)

Полезные ископаемые	Единицы измерения	Минерально-сырьевая база		Производство минерального сырья
		Запасы (P + R) ¹	Ресурсы (M + I) ²	
Золото	т	1000	2444	60
Серебро	т	10 194	22 674	450
Бокситы	млн т	160	503	5,2
Медь	тыс. т	20 000	16 600	520
Свинец	тыс. т	2000	3700	40
Цинк	тыс. т	12 000	9000	220
Никель	тыс. т	825	235	99,9
Молибден	тыс. т	281	2295	0,94
Вольфрам	тыс. т	1725	1037	н/д
Олово	тыс. т	106	н/д	н/д
Уран	т	480 000	493 000	21 800

¹(P + R) = proved + probable (доказанные и вероятные);

²(M + I) = measured + indicated (измеренные и выявленные).

на территории Костанайской области, где выявлены и разрабатываются Шевченковское (1 млн т) и ряд более мелких (Кундыбайское, Подольское, Житикаринское, Аккаргинское, Милютинское) месторождений, а также в Павлодарской (Экибастуз-Шидертинское – 262 тыс. т) и Восточно-Казахстанской (Горностаевское – 173 тыс. т) областях. При небольших запасах и ресурсах никелевых руд Казахстан производит около 3 % мирового никеля.

Минерально-сырьевая база золота Казахстана характеризуется общими разведанными и оценёнными запасами металла около 3,5 тыс. т. В общей сложности в стране насчитывается почти 300 месторождений золота (в т. ч. 60 % золоторудных, 2 % золотороссыпных и 38 % комплексных), среди которых пре-

обладают мелкие и средние по запасам объекты. Значительная часть известных месторождений находится в эксплуатации.

Месторождения золота в Казахстане сосредоточены в ряде районов. Они известны в Восточно-Казахстанской области – в пределах Калбинского хребта юго-западного Алтая (Бакырчик, Большевик, Суздальское), на северной окраине Центрального Казахстана в Акмолинской области (Васильковское, Аксу-2, Бестобе, Жолымбет, Кварцитовые горки), на северо-западе и западе – в Житикаринском (Джетыгаринском) районе Костанайской области и в Мугоджарах Актюбинской области (Юбилейное), в Центральном Казахстане (Пустынное в Актогайском районе Карагандинской области), на юге – в Жамбылской (Жамульской) области (Акбакайская группа месторождений – Акбакай, Бескемпир, Карьерное, Светинское).

Золоторудные месторождения относятся к золото-кварцевому и золото-сульфидно-кварцевому, жильному и жильно-прожилковому типам, в том числе в углеродистых толщах. В рудах преобладают невысокие содержания золота, многие месторождения отличаются высоким содержанием мышьяка, что затрудняет переработку руд.

Наиболее крупным по запасам является Васильковское золоторудное месторождение в Акмолинской области. Месторождение плутоногенное, штокверкового типа; глубина распространения промышленного оруденения оценивается в 1500 м. Руды золото-кварц-сульфидные, мышьяковистые, труднообогатимые. Балансовые запасы золота около 350 т со средним содержанием Au 2,74 г/т (2008 г.). Годовая добыча золота около 12 т.

К очень крупным относятся также месторождения Бакырчик и Большевик (проект «Кызыл» ГК «Полиметалл» с запасами около 360 т). Месторождения района относятся к типу жильно-прожилковых минерализованных зон в чёрных углеродистых сланцах с упорными золото-сульфидно-кварцевыми мышьяковистыми рудами.

Большой интерес представляет комплексное полигенное золото-медное месторождение



Варваринское в Костанайской области Казахстана. По данным компании ГК «Полиметалл», запасы и минеральные ресурсы золота составляют более 30 т, меди около 210 тыс. т. Годовая добыча приблизительно 6 т металла в золотом эквиваленте.

Важным источником золота являются и руды месторождений цветных металлов Казахстана – медно-колчеданных (Южный Урал, Мугоджары), колчеданно-полиметаллических (Рудный Алтай), медно-скарновых и медно-порфириновых (Тарутинский рудный узел, Актогайский рудный узел, Коксай и др.) [3, 7, 22].

Добыча и производство золота в стране с каждым годом увеличиваются, в 2021 г. было произведено около 60 т золота.

Серебряные и сербросодержащие месторождения Казахстана также представляют значительную ценность. Согласно актуальной информации, на территории страны существует более 250 собственно серебряных (с общей удельной ценностью серебра в рудах 70 % и более по отношению к другим полезным компонентам) и комплексных (полиметаллических) серебряных месторождений (с удельной ценностью 30–70 %), а запасы и ресурсы этого металла превышают 30 тыс. т. Рудничное производство серебра в Казахстане в 2021 г. составило 450 т (11-е место в мире) [17].

Имеются ресурсы *редких металлов*, наиболее значимые месторождения которых выявлены в Центральном Казахстане. Казахстан обладает значительными запасами *фосфоритов* (260 млн т), главные месторождения которых находятся на юге страны (Чулактау, Аксай), а также в Актюбинской области.

По состоянию на 2019 г. в горнодобывающей отрасли страны было зарегистрировано 3,8 тыс. юридических лиц, из них компаний с государственным участием – 17, совместных предприятий – 273, иностранных компаний – 354. К крупным предприятиям горно-металлургической отрасли страны можно отнести Eurasian Resources Group (ERG), ТОО «Корпорация «Казахмыс»», ТОО «Казцинк», АО «АК Алтыналмас», АО «Горно-металлургический концерн «Казахалтын», KAZ Minerals plc,

АО «НАК «Казатомпром», АО «АрселорМиттал Темиртау», АО «Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат», ТОО «Темиртауский электрометаллургический комбинат», ТОО «Таразский металлургический комбинат», ТОО «KSP Steel», АО «Жайремский ГОК», АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» и др. [18].

Один из ведущих производителей цветных металлов в Казахстане – компания ТОО «Казцинк» с головным офисом в г. Усть-Каменогорске, контролируемая швейцарской фирмой Glencore (около 70 % акций в 2020 г.). Основные активы компании находятся в регионе Рудного Алтая. «Казцинк» – современная интегрированная промышленная компания, производственные площадки которой расположены в шести населённых пунктах Казахстана. Компания имеет четыре модернизированные обогатительные фабрики и два металлургических комплекса. Её объёмы производства в 2021 г. составили: цинк – 291 тыс. т, свинец – 111 тыс. т, медь – 52,2 тыс. т, золото – 595 тыс. унций (~ 18 т), серебро – 2921 тыс. унций (~ 90 т). Компания разрабатывает следующие рудники: Долинный, Тишинский, Риддер-Сокольный (г. Риддер), Малеевский (г. Алтай), Жайремский ГОК (г. Жайрем), Алтынау Кокшетау (золото) (г. Кокшетау).

Другим крупнейшим казахстанским разработчиком является компания KAZ Minerals plc (КАЗ Минералз), принадлежащая казахстанским и зарубежным акционерам. В 2021 г. Группа KAZ Minerals произвела 299 тыс. т меди, 47 тыс. т цинка, 167 тыс. унций (5,2 т) золота и 3420 тыс. унций (106 т) серебра. Группа контролирует следующие производственные комплексы: Актогай – рудник открытого типа в Восточном Казахстане; Бозшаколь – рудник открытого типа в Павлодарской области; три рудника в Восточном Казахстане: Орловский (1,5 млн т медно-цинковой руды в год), Артемьевский (более 1 млн. т, работает с 2005 г.) и Иртышский (0,6 млн т медно-цинковой руды в год); две обогатительные фабрики в Восточном Казахстане: Николаевскую и Орловскую, а также медно-золотой рудник Бозымчак в Кыргызстане.



Третий ведущий национальный производитель цветных металлов (преимущественно меди) – компания «Казахмыс» – за 2021 г. произвела: катодной меди 213 тыс. т, золота в слитках 5508 кг, серебра в слитках и гранулах 270 951 кг. Компания ведёт добычу на следующих рудниках: Северо-Жезказганский, Южно-Жезказганский, Восточно-Жезказганский (Карагандинская область, г. Жезказган), Жомарт (Жанааркинский район), Западный и Жиландинский (г. Сатпаев), Нурказган (г. Темиртау), Абыз (Каркаралинский район), Кусмурын-Акбастау (Восточно-Казахстанская обл., Аягузский район), Саяк и Конырат (Коунрад) (г. Балхаш). Выплавка металла проводится на Балхашском и Жезказганском медеплавильных заводах.

Ведущим национальным производителем золота в стране является компания АО «АК Алтыналмас». Активы компании включают целый ряд промышленных месторождений в Жамбылской, Карагандинской, Абайской и Акмолинской областях Казахстана. Другой крупный производитель золота АО «Altyntau Kokshetau» (дочерняя компания ТОО «Казцинк») занимается отработкой крупнейшего Васильковского золоторудного месторождения на севере Казахстана с балансовыми запасами золота около 350 т и ежегодной добычей, превысившей в 2017 г. 12 т золота.

Абсолютным лидером по запасам и рудничному производству урана является национальная компания «Казатомпром» с серией дочерних предприятий.

Горнодобывающая промышленность Казахстана демонстрирует стабильный рост во многом благодаря привлечению иностранных инвестиций. В частности, прочные экономические связи в минерально-сырьевой сфере существуют между Россией и Казахстаном, что является благоприятной основой для развития российско-казахстанского сотрудничества в области геологии и недропользования.

По опубликованной (в том числе на официальных сайтах горнодобывающих компаний) информации, на территории Казахстана действуют ГК «Полиметалл» (Polymetal Int plc) (разработка золоторудных месторождений Про-

екта «Кызыл» Бакырчик и Большевик с запасами и ресурсами около 360 т золота, золото-медных месторождений Варваринского узла), группа «Русская медная компания» и её дочерняя ТОО «Актюбинская медная компания» (подготовка к эксплуатации золото-молибден-медного месторождения Коксай и др.), АО «Нордголд».

По данным экспертов S&P Global Market Intelligence, в 2021 г. весь геологоразведочный бюджет страны распределился следующим образом: 38,1 млн долл. США, было направлено на разведку месторождений меди; 28,9 млн долл. США – золота; 9,4 млн долл. США – урана; 5,0 млн долл. США – на цинк и свинец; 0,3 млн долл. США – на разведку молибдена; 0,1 млн долл. США – никеля; 0,1 млн долл. США – серебра; 2,1 млн долл. США – на другие виды полезных ископаемых [13].

Заканчивая рассмотрение минерально-сырьевого комплекса Республики Казахстан, отметим, что несмотря на приведённые выше позитивные данные, многие эксперты отмечают угрозу постепенного истощения МСБ Казахстана. Это связывается с интенсивной отработкой выявленных запасов и отставанием их воспроизводства, а также с понижением качества руд вновь выявляемых месторождений.

Кыргызская Республика

Республика Кыргызстан по своей площади (200 тыс. км²), как и все остальные государства Центрально-Азиатского региона, значительно уступает Казахстану. Страна расположена преимущественно в южной части Кокчетавско-Северо-Тяньшаньского выступа каледонид, обрамляющих, в частности, наложенную Иссык-Кульскую впадину на северо-востоке страны. Крайние южная и западная части образованы герцинидами Срединного и Южного Тянь-Шаня с фрагментом наложенной Ферганской впадины (рис. 6) [5, 11].

Кыргызская Республика обладает значительным потенциалом по многим видам природного минерального сырья. На её территории выявлено несколько сотен различных месторождений и проявлений рудных и нерудных полезных ископаемых. К основным видам полезных ископаемых страны относятся

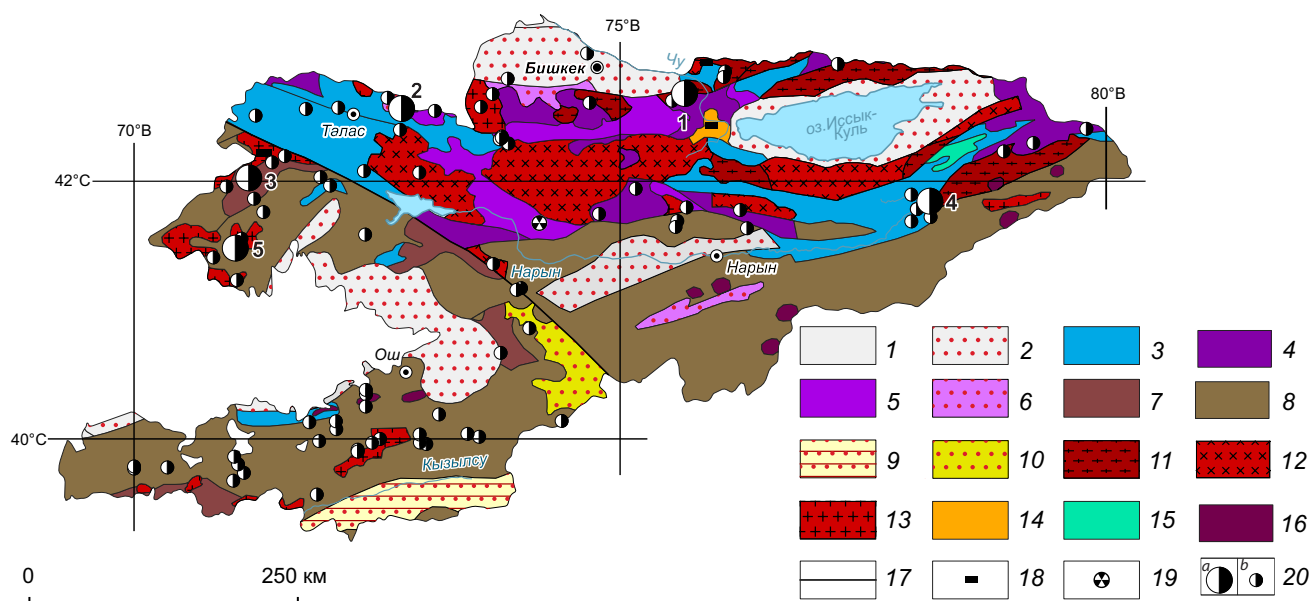


Рис. 6. Схема распределения месторождений меди, свинца, цинка и золота Кыргызской Республики (геологическая основа по [11]):

1 – области распространения комплексов чехла молодых эпипалеозойских плит; 2 – предгорные и межгорные впадины, выполненные плиоцен-четвертичными орогенными отложениями; 3 – выступы верхнепротерозойских метаморфических складчатых комплексов; области каледонской складчатости: 4 – антиклинории и другие относительные поднятия (PZ_1), 5 – синклинории и другие относительные прогибы ($O-S_1$), 6 – наложенные сингерцинские ($D-P$) орогенные впадины в областях салаирской и каледонской складчатости; области герцинской складчатости: 7 – антиклинории и другие относительные поднятия, 8 – синклинории и другие относительные прогибы; 9 – области альпийской складчатости – позднеальпийские краевые прогибы (P_3-N_1-Q); 10 – области Яньшанской складчатости (J или K_1); интрузивные и протрузивные массивы: 11 – батолиты, купола гранитогнейсов и гранитов протерозоя (PR), 12 – батолиты, штоки гранитов раннего палеозоя (C, O, S), 13 – батолиты, штоки гранитов позднего палеозоя (D, C, P), 14 – массивы сиенитов, не расчленённые по возрасту, 15 – массивы габброидов в складчатых поясах, не расчленённые по возрасту, 16 – протрузивные тела пород офиолитовой ассоциации, не расчленённые по возрасту; 17 – главнейшие разломы; месторождения и рудопроявления: 18 – медные (1 – Талды-Булак, 2 – Куру-Тегерек), 19 – полиметаллические (мелкие месторождения и рудопроявления), 20 – золоторудные (a – крупные и средние (3 – Талды-Булак Левобережный, 4 – Чаарат, 5 – Кумтор), b – прочие)

Fig. 6. Scheme of distribution of deposits of copper, lead, zinc and gold in the Kyrgyz Republic (geological basis according to [11]):

1 – areas of distribution of complexes of the cover of young Epipaleozoic plates; 2 – foothill and intermountain depressions filled with Pliocene-Quaternary orogenic deposits; 3 – ledges of Upper Proterozoic metamorphic folded complexes; areas of Caledonian folding: 4 – anticlinoriums and other relative uplifts (PZ_1), 5 – synclinoriums and other relative troughs ($O-S_1$), 6 – superimposed Singertzin ($D-P$) orogenic depressions in the areas of Salair and Caledonian folding; areas of Hercynian folding: 7 – anticlinoriums and other relative uplifts, 8 – synclinoriums and other relative troughs; 9 – areas of Alpine folding – late Alpine marginal troughs (P_3-N_1-Q); 10 – areas of the Yanshan folding (J or K_1); intrusive and protrusive massifs: 11 – batholiths, domes of granite-gneisses and granites of the Proterozoic (PR), 12 – batholiths, stocks of granites of the early Paleozoic (C, O, S), 13 – batholiths, stocks of granites of the late Paleozoic (D, C, P), 14 – syenite massifs, not classified by age, 15 – gabbro massifs in folded belts, not classified by age, 16 – protrusive bodies of rocks of the ophiolite association, not classified by age; 17 – major faults; deposits and ore occurrences: 18 – copper ore (1 – Taldy-Bulak, 2 – Kuru-Tegerek), 19 – polymetallic (small deposits and ore occurrences), 20 – gold ore (a – large and medium (3 – Taldy-Bulak Levoberezhny, 4 – Chaarat, 5 – Kumtor), b – others)



золото, ртуть, сурьма, редкие земли, олово, вольфрам, уран, уголь, нерудное сырьё, подземные воды. Есть перспектива организации добычи железа, титана, ванадия, алюминия, меди, молибдена, бериллия. Не исключена промышленная значимость месторождений танталониобатов, кобальта, циркония, лития, цветных камней. Данные по МСБ и рудничному производству благородных и цветных металлов Кыргызстана по состоянию на 2021 г. сведены в таблицу (табл. 2, см. рис. 2, 3) [8, 14, 19].

Энергетические минеральные ресурсы Кыргызстана включают углеводородное сырьё и уголь.

Нефть и газ добываются в Ферганской впадине. Государственным балансом учтены 12 месторождений. Совокупные извлекаемые запасы невелики (нефти – 10–11 млн т, газа – 5–6 млрд м³), однако имеются перспективы их наращивания, ведётся отработка.

На территории Кыргызстана к настоящему времени известно около 70 месторождений и проявлений угля, которые группируются в четыре бассейна (Южно-Ферганский, Узгенский, Северо-Ферганский и Кавакский) и три угленосных района (Алайский, Алабука-Чатыркульский и Южно-Иссыккульский). На Государственном балансе числится 1,3 млрд т угля. Ежегодный объём добычи составляет 800–900 тыс. т.

По запасам *сурьмы* (410 тыс. т, в т. ч. достоверные 260 тыс. т) Кыргызстан занимает четвёртое место в мире. Сурьмяное оруденение представлено двумя типами месторождений: согласные, часто пологие рудные залежи в джаспероидах на контакте известняков с перекрывающими сланцами (Кадамжай, Абшир, Кассан, Хайдаркан, Кулдама, Терексай) и секущие крутопадающие жилы и минерализованные зоны в различных породах (Савоярды, Нурлау, Чаарат, Ничкесу, Чонкимисдыкты, Шаркратма, Актюбе Карагойское). Два месторождения относятся к крупным (Кадамжай и Хайдаркан – более 100 тыс. т сурьмы), семь – к средним (Терексай, Кассан, Абшир, Савоярды, Чаарат, Шаркратма, Нурлау – более 30 тыс. т сурьмы), остальные – к мелким.

Сырьевой потенциал *ртути* Кыргызстана составляет около 75 тыс. т. Выявлены два

Табл. 2. Запасы, ресурсы и производство руд цветных и благородных металлов в Кыргызской Республике по состоянию на 2021 г. (по данным S&P Global Market Intelligence и другим источникам)

Table 2. Reserves, resources and production of non-ferrous and precious metal ores in the Kyrgyz Republic as of 2021 (according to S&P Global Market Intelligence and other sources)

Полезные ископаемые	Единицы измерения	Минерально-сырьевая база		Производство минерального сырья
		Запасы (P + R) ¹	Ресурсы (M + I) ²	
Золото	т	255	1451	22,1
Серебро	т	326	100	27,6
Медь	тыс. т	141	1864	6,6
Свинец	тыс. т	27,4	н/д	н/д
Цинк	тыс. т	18	н/д	н/д
Молибден	тыс. т	241	н/д	н/д
Вольфрам	тыс. т	125	261	н/д
Олово	тыс. т	215	104	н/д
Сурьма	тыс. т	265	145	н/д
Висмут	тыс. т	4	н/д	н/д
Мышьяк	тыс. т	497	н/д	н/д
Уран	т	н/д	7000	н/д

^{1,2} – см. примечание к табл. 1

крупных (с запасами ртути более 20 тыс. т) месторождения ртути (Чонкой и Хайдаркан), одно среднее (Зардобука – 1,5 тыс. т.) и ряд мелких. Эксплуатируются два месторождения (Хайдаркан и Новое) с остаточными суммарными запасами около 16 тыс. т ртути. По характеру минерализации выделяются пять типов месторождений: листовенитовый (Чонкой, Карачатыр), джаспероидный (Хайдаркан, Зардобука, Чаувай), карбонатный (Сымап, Бирксу, Адыракоу), кварц-диккитовый (Араван, Хошчан), кварц-анкеритовый (Актерек, Шунк).

На базе сурьмяно-ртутного месторождения Хайдаркан в течение более 70 лет работает Хайдарканский ртутный комбинат. Годовое производство ртути в Кыргызстане, по данным Геологической службы США, составляет около 15 т [17].

С учётом данных по запасам и ресурсам *вольфрама* (386 тыс. т, в т. ч. достоверные 125 тыс. т) Кыргызстан должен в перспективе рассматриваться в ряду лидирующих стран мира. Вольфрамовое оруденение относится к



различным морфологическим (гидротермальные жилы, скарны, пневматолитовые штокверки и пластообразные стратиформные залежи) и минералогическим (шеелитовые, молибденит-шеелитовые, шеелит-вольфрамитовые, касситерит-шеелитовые и др.) типам. Основой сырьевой базы вольфрама Кыргызстана служат жильный (Трудовое, Теректы) и скарновый (Кенсу) типы месторождений. Выявлены два крупных (более 30 тыс. т. WO_3) месторождения (Трудовое, Кенсу), несколько средних – 30 тыс. т. WO_3 (Кольтабоз, Заводской, Кичикалай) и большое количество мелких (менее 1 тыс. т. WO_3) объектов (Кумбель, Меликсу, Кашкасу и др.). На базе олово-вольфрамового месторождения Трудовое (95,7 тыс. т WO_3 с содержанием 0,38 % и 149,2 тыс. т олова с содержанием 0,58 %) построен горнорудный комбинат.

Запасы и ресурсы *молибдена* Кыргызстана составляют около 200 тыс. т. Молибден содержится в качестве попутного в комплексных месторождениях медно-порфирового типа (Талды-Булак и др.). Добыча молибдена, согласно имеющимся статистическим данным, минимальна и не превышает первых сотен килограммов.

Запасы и ресурсы *олова* оцениваются в 319 тыс. т, в т. ч. подготовленные к эксплуатации – 215 тыс. т (Трудовое, Учкошкон), разведанные резервные – 9,5 тыс. т (Сарыбулак), прогнозные – 95 тыс. т. Месторождения относятся преимущественно к жильному типу. Выявлены два крупных, два средних и большое количество мелких месторождений олова.

В Кыргызстане добыча *урана* осуществлялась несколькими рудниками, прекратившими свою деятельность в середине 1960-х годов (Каджисай, Майлисай, Кавак). Перспективы развития урановой промышленности могут быть связаны с освоением разведанных рудных месторождений бассейна реки Сарыджаз и Кызыл-Омпульских урано-торионитовых россыпей. Запасы и ресурсы Сарыджазского месторождения составляют 9,5 тыс. т урана (при среднем его содержании 0,022 %), Кызыл-Омпульских россыпей – 12,8 тыс. т урана с содержанием 0,032 %. Перспективы на

открытие урановых объектов инфильтрационного типа имеются в мезо-кайнозойских отложениях межгорных впадин.

Медные руды представлены различными промышленно-генетическими типами, наиболее перспективными из которых являются золото-медно-порфировый (Талды-Булакское, Андашское, Каракольское месторождения) и скарновый (Куру-Тегерекское месторождение). Известны также небольшие по размерам рудопроявления медистых песчаников и гидротермальных халькопирит-кварцевых жильных тел и рудных зон.

Золото-медно-порфировые месторождения выявлены в верховьях р. Талас в связи с интрузиями палеозойских диоритовых порфиритов и гранодиоритов. Содержание меди в рудах колеблется от 0,2 до 0,6 %. Попутные компоненты – молибден и благородные металлы. Месторождение Талды-Булак предварительно разведано, по разным оценкам содержит около 120 т золота (Au 0,84 г/т), 750 тыс. т меди (Cu 0,2 %) и 30 тыс. т молибдена (Mo 0,008 %). Месторождение Андаш характеризуется ресурсами меди 96 тыс. т (Cu 0,47 %), золота 20 т (Au 1,1 г/т). К этому же типу месторождений относят золото-медные участки Булакашинского рудного поля – Северный с ресурсами меди 1,8 млн т (Cu 0,26 %) и Сарыайгыр с 370 тыс. т меди (Cu 0,18 %).

Скарновые месторождения представлены комплексными рудами с содержанием меди 0,6–1,0 %. Наиболее крупным среди таких объектов является месторождение Куру-Тегерек (1,02 млн т меди с содержанием 0,6 %).

Проявления медистых песчаников известны в Восточном Алае (Ойтал) и на южном склоне Киргизского хребта в междуречье Ту-юк-Алаарча.

Запасы и ресурсы *свинца и цинка* Кыргызстана крайне невелики. Свинцово-цинковые месторождения стратиформного типа присутствуют в герцинских структурах Среднего Тянь-Шаня (Чаткальский хребет, Гава-Сумсарский район, хребет Молдо-Тоо). Среднее содержание свинца в них составляет 2–3 %. В ряде каледонских структур Северного Тянь-Шаня, активизированных в герцинское вре-



мя, широко распространены трещинно-метасоматические тела в магматических и осадочных образованиях (Боординское, Ак-Тюзское, Гранитогорское, Ак-Кульское, Курганское, Шанькское, Шыргыйское, Арсинское и др.).

До 1970-х годов в Кыргызстане действовало несколько горных предприятий по добыче свинца и цинка на месторождениях Боорду, Актюз, Сумсар, Канское, Курган и др. Сейчас они законсервированы. Другие известные объекты свинцово-цинковой минерализации различного генезиса (Икичатское, Кон-и-Гут и другие) требуют дополнительного геологического изучения.

Кыргызстан располагает крупной МСБ золота (достоверные запасы 255 т, минеральные ресурсы 1450 т). Помимо разведанных месторождений, на территории страны известны сотни коренных проявлений золота, нуждающихся в оценке [1, 4, 19]. Известны также россыпи, преимущественно отработанные.

Главные промышленные месторождения золота Кыргызстана были выявлены и разведаны в 1960–1980-х гг. По запасам золота (до отработки) кыргызские геологи выделяют среди них очень крупные – более 200 т (Кумтор), крупные – более 70 т (Джеруй, Талды-Булак Левобережный), средние – 30–70 т (Макмал, Бозымчак, Ункурташ, Иштамберды, Алтын-Джилга, Тохтазан), мелкие – 5–30 т (Солтон-Сары, Джамгыр, Терек, Перевальное, Тереккан) и очень большое количество объектов с прогнозными ресурсами менее 5 т металла. По условиям образования и морфологии рудных тел месторождения делятся на несколько типов, в том числе золото-медно-порфировые и золото-сульфидно-кварцевые в углеродистых толщах и др. [4].

В настоящее время эксплуатируются месторождения Джеруй, Макмал, Кумтор, Солтон-Сары, Терек, Тереккан, Жамгыр, Иштамберды. Готовится к эксплуатации золоторудное месторождение Чаарат с участками Тулкубаш с запасами золота 51,4 т (Au 0,87 г/т) и Кызылташ с запасами золота в сульфидных рудах 168 т (Au 3,8 г/т).

Собственно *серебряным* является единственное месторождение Кумыштаг, предвари-

тельно оценённые запасы и прогнозные ресурсы которого составляют 2 тыс. т серебра. Кроме того, в качестве попутного компонента запасы серебра учтены в золоторудных и золото-медных месторождениях в количестве более 300 т.

Крупнейшим горнорудным предприятием Кыргызской Республики является ОАО «Кыргызалтын» (100 % акций принадлежат государству), на долю которого приходится большая часть добываемого в стране золота. К его дочерним предприятиям относятся ЗАО «Кумтор Голд Компани» на базе крупнейшего золоторудного месторождения Кумтор, ООО «Алтынкен» (совместно с SuperB Pacific Ltd – одной из дочерних компаний китайской Zijin) на базе месторождения Талды-Булак Левобережный, ООО «Эти Бакыр Терексай» (совместно с крупной турецкой горнодобывающей компанией «Эти Бакыр») с месторождениями Терексайской группы – Тереккан, Перевальное и Терек, ООО «Макмал Голд Компани» (совместно с «Мансон групп») на базе месторождения Макмал, а также филиал «Рудник Солтон-Сары» (совместно с ООО «Авелум Партнер») с месторождением Солтон-Сары и его участками.

В освоении минеральных богатств Кыргызстана активно участвуют также горнорудные компании других стран СНГ. Медно-золотой рудник Бозымчак эксплуатирует крупнейшая казахстанская компания KAZ Minerals. Запасы месторождения оценивались более чем в 146 тыс. т меди, 23 т золота, 138 т серебра. Рудник производит около 7 тыс. т меди и 1,2 т золота в год. Крупнейшим российским инвестиционным проектом в Киргизии является разработка золоторудного месторождения Джеруй в Таласской области компанией ООО «Альянс Алтын», учреждённой ОАО «Востокгеолдобыча» (входит в группу компаний «Русская Платина»). Запасы месторождения на начало его отработки в 2019 г. составляли порядка 100 т золота и 30 т серебра.

Республика Таджикистан

Площадь Республики Таджикистан, составляющая 143 тыс. км², наименьшая среди стран



Центрально-Азиатского региона. При этом более 90 % территории располагается в высокогорных ландшафтах Тянь-Шаня и Памира. В пределах территории Таджикистана развиты тектонические структуры двух крупнейших подвижных поясов – Урало-Монгольского на севере и Средиземноморского на юге, разделённые зоной крупнейшего межблокового разлома (рис. 7).

К Урало-Монгольскому поясу отнесены герцинские складчатые системы Срединного (горный Кармазар и Ферганская впадина) и Южного Тянь-Шаня, а к Средиземноморскому – Предпамирский краевой прогиб, герцинская Гиссаро-Северопамирская и альпийская Калайхумб-Саупсайская складчатые системы Северного Памира, выступ докембрийского фундамента Центрального Памира, а также фрагмент Таджикско-Афганской депрессии [11, 19].

По данным Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан, к настоящему времени в разных регионах Таджикистана открыто и изучено более 1400 проявлений и месторождений полезных ископаемых, установлено более 60 видов минерального сырья. Разведано и частично подготовлено к промышленному освоению свыше 400 месторождений, в том числе нефти, газа, угля, руд чёрных (железо), цветных (сурьма, висмут, свинец, цинк, медь, вольфрам, молибден, олово), редких (стронций) и благородных (золото, серебро) металлов, нерудного горно-химического и индустриального сырья (борное сырьё, каменная соль, слюды), строительных материалов, драгоценных и поделочных камней и др. Данные по МСБ и рудничному производству благородных и цветных металлов Таджикистана по состоянию на 2021 г. сведены в таблицу (табл. 3) [4, 9, 15, 20].

Выявленные запасы углеводородов Таджикистана невелики: около 7,9 млн т нефти и 5,6 млрд м³ газа. Несколько месторождений газа разрабатываются на территории Бальджуванского района и района имени Джалилдина Руми Хатлонской области.

По запасам угля Таджикистан занимает ведущее место в Центральной Азии. Общие геологические запасы составляют око-

ло 4 млрд т, 80 % угля относится к коксующимся.

В отношении минерально-сырьевых ресурсов цветных металлов Таджикистана промышленная значимость подтверждена для сурьмы, свинца и цинка. Руды этих металлов традиционно добываются на ряде месторождений.

По подтверждённым запасам сурьмы (более 265 тыс. т) Таджикистан занимает третье место (после Китая и Таиланда) в Азии и первое среди стран СНГ. Зеравшано-Гиссарский ртутно-сурьмяный пояс Центрального Таджикистана располагает крупным металлогеническим потенциалом сурьмы, сосредоточенным в пяти рудных районах. Наиболее значительные запасы этих руд сконцентрированы в Джижикрутском и Кончочском рудных полях. Месторождение Скальное содержит около половины всех запасов сурьмы на пространстве СНГ. На базе запасов Джижикрутского ртутно-сурьмяного месторождения работает Анзобский горно-обогатительный комбинат.

Запасы и минеральные ресурсы свинца и цинка в недрах Таджикистана превышают по сумме 15 млн т. Свинцово-цинковые руды связаны в основном с комплексными полиметаллическими месторождениями, широко распространёнными по всей территории Таджикистана. Основная часть разведанных запасов сосредоточена в Кармазарской рудной провинции. Рудные поля Западного Кармазара – Алтын-Топканское (с месторождениями Алтын-Топкан, Чал-Ата, Сардоб, Пай-Булак и др.), Курусайское, Кансайское содержат месторождения преимущественно скарного типа, с высокими содержаниями свинца и цинка и низкими меди и серебра. Для рудных полей восточного Кармазара характерен жильный гидротермальный тип месторождений (Канимансурское, Замбаракское, Чукурджилгинское и др.) с прожилково-вкрапленными, гнездовыми и агрегативными рудами. Для Дарваза характерны телетермальные месторождения (Июкунджское).

Наиболее известными полиметаллическими месторождениями Таджикистана являются месторождения региона Кармазар на севере

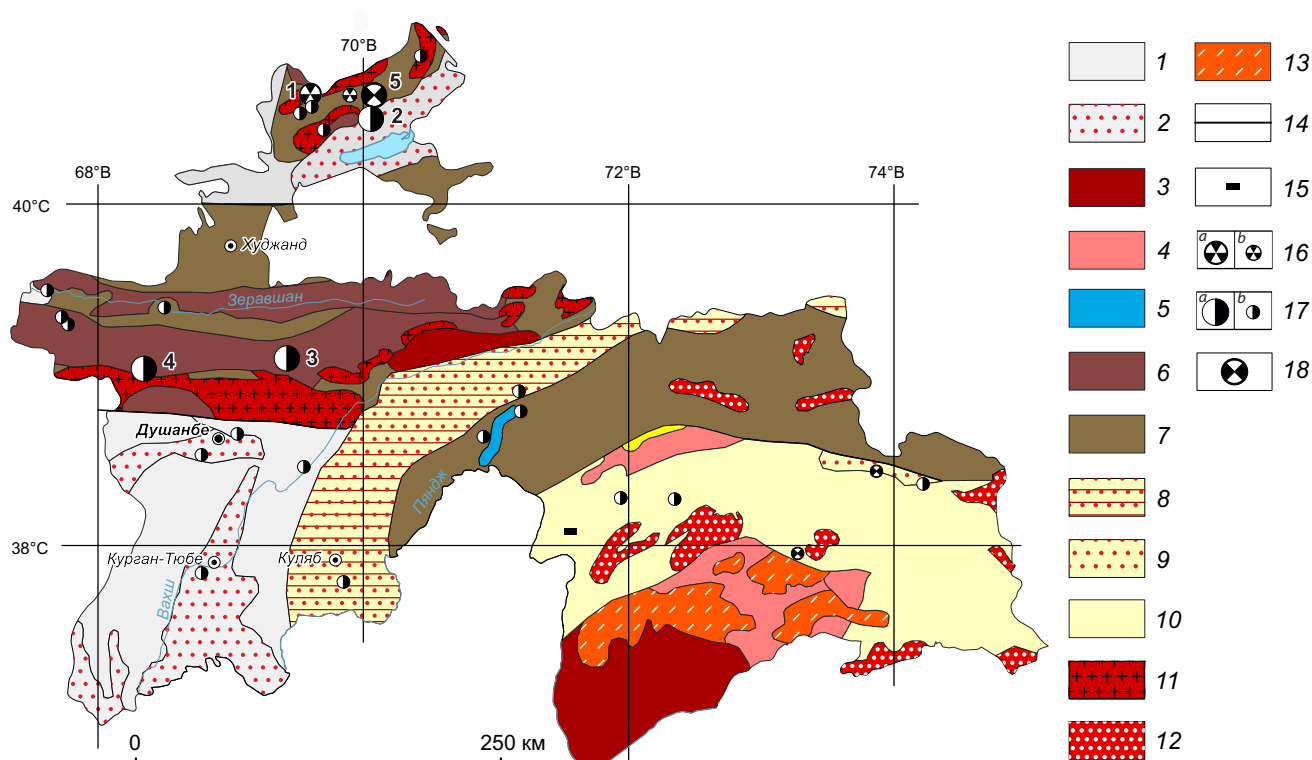


Рис. 7. Схема распределения месторождений меди, свинца, цинка, серебра и золота Республики Таджикистан (геологическая основа по [11]):

1 – области распространения комплекса чехла молодых эпипалеозойских плит; 2 – предгорные и межгорные впадины, выполненные плиоцен-четвертичными орогенными отложениями; выступы докембрийских метаморфических складчатых комплексов: 3 – архейских, 4 – нижнепротерозойских, 5 – верхнепротерозойских; области герцинской складчатости: 6 – антиклинории и другие относительные поднятия, 7 – синклинории и другие относительные прогибы; области альпийской складчатости: 8 – позднеальпийские краевые прогибы (P_3-N_1-Q), 9 – позднеальпийские внутренние орогенные впадины, 10 – области альпийской складчатости нерасчленённые; интрузивные и протрузивные массивы: 11 – батолиты, штоки гранитов раннего палеозоя (D, C, P), 12 – массивы гранитов допозднемеловые (T, J, K_1), 13 – массивы гранитов позднемеловые и кайнозойские (K_2 , P, N); 14 – главнейшие разломы; месторождения и рудопроявления: 15 – меднорудные (мелкие месторождения и рудопроявления), 16 – полиметаллические (a – крупные (1 – Алтын-Топкан), b – прочие), 17 – золоторудные (a – средние (2 – Апрельевка, 3 – Пакрут, 4 – Джилау-Тарорский узел), b – прочие), 18 – серебрянорудные (крупные месторождения) (5 – Большой Канмансур)

Fig. 7. Scheme of distribution of deposits of copper, lead, zinc, silver and gold in the Republic of Tajikistan (geological basis according to [11]):

1 – areas of distribution of the cover complex of young Epipaleozoic plates; 2 – foothill and intermountain depressions filled with Pliocene-Quaternary orogenic deposits; projections of Precambrian metamorphic folded complexes: 3 – Archean, 4 – Lower Proterozoic, 5 – Upper Proterozoic; areas of Hercynian folding: 6 – anticlinoriums and other relative uplifts, 7 – synclinoriums and other relative troughs; areas of Alpine folding: 8 – late Alpine marginal troughs (P_3-N_1-Q), 9 – late Alpine internal orogenic depressions, 10 – undivided areas of Alpine folding; intrusive and protrusive massifs: 11 – batholiths, early Paleozoic granite stocks (D, C, P), 12 – pre-Late Cretaceous granite massifs (T, J, K_1), 13 – Late Cretaceous and Cenozoic granite massifs (K_2 , P, N); 14 – major faults; deposits and ore occurrences: 15 – copper ore (small deposits and ore occurrences), 16 – polymetallic (a – large (1 – Altyn-Topkan), b – other), 17 – gold ore (a – medium (2 – Aprelevka, 3 – Pakrut, 4 – Jilau-Taror cluster), b – other), 18 – silver ore (large deposits) (5 – Bolshoi Kanimansur)



Табл. 3. Запасы, ресурсы и производство руд цветных и благородных металлов в Республике Таджикистан по состоянию на 2021 г. (по данным S&P Global Market Intelligence и другим источникам)

Table 3. Reserves, resources and production of non-ferrous and precious metal ores in the Republic of Tajikistan as of 2021 (according to S&P Global Market Intelligence and other sources)

Полезные ископаемые	Единицы измерения	Минерально-сырьевая база		Производство минерального сырья
		Запасы (P + R) ¹	Ресурсы (M + I) ²	
Алюминиевое сырьё	млн т	н/д	н/д	0,061
Свинец	тыс. т	588	7542	46
Цинк	тыс. т	н/д	6685	88
Сурьма	тыс. т	50	215	13
Ртуть	тыс. т	н/д	н/д	0,2
Золото	т	95	532	5,9
Серебро	т	49 000	21 000	2,8

^{1,2} – см. примечание к табл. 1

страны. К ним относятся скарновые свинцово-цинковые месторождения Алтын-Топканского рудного поля и штокверковые серебряно-полиметаллические тела рудного узла Большой Канмансур. Месторождения Алтын-Топкана имеют долгую историю изучения и отработки, которая начинается в средние века. Начало строительства подземного рудника относится к 1950 г. С 2000 г. предприятие было законсервировано по экономическим соображениям. Позднее лицензия на разработку месторождений рудного поля передали китайской компании.

Минерально-сырьевая база меди Таджикистана в настоящее время крайне ограничена. Основные запасы и ресурсы медных руд связаны с полиметаллическими (Алтын-Топкан и др.), золото-медно-висмутовыми (Адраман), вольфрамовыми месторождениями, содержащими в ряде случаев до 0,3–1 % меди. Кроме того, в районе Дарваза выявлены два стратиформных проявления медистых песчаников и конгломератов (Равноуское, Дарайтангское), содержащих 1–2 % меди.

Перспективы добычи вольфрама связываются с крупным вольфрамовым месторожде-

нием Майхура в Центральном Таджикистане, на котором предполагается возможность строительства добывающего предприятия мощностью до 150 тыс. т руды в год.

Выявлены три проявления никелевых руд на Памире. Оруденение приурочено к гипербазитам. Руды комплексные медно-никелевые, вкрапленные массивные и брекчиевидные пирротин-виоларитового состава; кроме никеля, они содержат медь и кобальт.

Республика Таджикистан обладает достаточно развитой МСБ золота. Запасы и минеральные ресурсы страны составляют не менее 600 т металла (см. табл. 3). Согласно статистическим данным Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан, к настоящему времени выявлены и разведаны 28 золоторудных месторождений и более сотни рудопроявлений. На территории Таджикистана выделены четыре золоторудных пояса и 18 перспективных площадей, которые сосредоточены в северной части Таджикистана (Кармазарское рудное поле с месторождениями Апрелька, Бургунда, Иккижелон), в центральном Таджикистане (Джилау-Тарорский и Чоринский рудные узлы с месторождениями Джилау, Тарор, Мосриф, Чоре, Восточный Дуоба в пределах выделяемого здесь Зеравшано-Гиссарского золото-редкометалльного пояса), а также на южном Памире. Руды золота сосредоточены в собственно золоторудных и комплексных золото-сурьмяных месторождениях. Коренные эндогенные месторождения представлены несколькими типами. Преобладают золото-кварцевые и золото-сульфидные (Апрелька и другие), золото-скарновые в сочетании с мышьяковистыми золото-малосульфидно-кварцевыми (Тарор, Джилау), а также золото-кварц-сульфидные месторождения. Экзогенные месторождения золота связаны с аллювиальными четвертичными россыпями в предгорных долинах и террасах равнинных рек (районы Дарваза, Памира, Зеравшана).

Добыча золота в Таджикистане в последние годы варьирует в пределах 6–8 т в год.

По разведанным запасам серебра (около 70 тыс. т) Таджикистан занимает лидирующие позиции в Центральной Азии.



Месторождения собственно серебряных руд известны в Карамазаре (Канимансур), Центральном Таджикистане и на Памире (Токузбулакское). Столбообразные, линзовидные и жильные рудные тела содержат серебро в самородной форме или в виде серебросодержащих минералов, а также в виде изоморфной примеси в галените, минералах висмута. Месторождения гидротермального и скарново-го происхождения. Все собственно серебряные месторождения обрабатывались в древности, содержание серебра в целиках древних выработок превышает 1000 г/т.

В большинстве месторождений серебро ассоциирует со свинцовыми и свинцово-цинковыми рудами, являясь попутным компонентом. Основные разведанные запасы серебряных руд сосредоточены в Северном Таджикистане – в Алтын-Топканском и Центрально-Карамазарском рудных районах, где в своё время была создана мощная горнорудная промышленность.

К наиболее крупным неосвоенным объектам ТПИ Таджикистана относится серебро-полиметаллическое месторождение Большой Канимансур. Под этим названием объединяется ряд рудоносных участков: Западный Канимансур, Восточный Канимансур, Новый Канимансур, зона Меридиональная (штокверк Большого Канимансура), Чукур-Джилга, в совокупности образующих зону жильных и штокверковых руд протяжённостью 2 км, шириной 800 м и установленной глубиной 400 м.

По данным Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан, запасы месторождения Большой Канимансур, повторно подсчитанные международной консалтинговой компанией Micon, составляют 70 тыс. т серебра. Кроме серебра, рудник богат свинцом и цинком. Запасы руды на месторождении превышают 1 млрд т, содержание серебра составляет 49 г/т руды, свинца – 0,49 %, цинка – 0,38 % [10].

Большинство горнорудных предприятий Таджикистана действует в северной части страны, в Согдийской области, где находятся основные месторождения цветных и благородных металлов, упоминавшиеся выше [12]. В южной части страны, в Хатлонской облас-

ти добываются нефть, антрацит, россыпное золото, выявлены крупнейшие ресурсы стронция, каменной соли, а в Горно-Бадахшанской автономной области – золота и железных руд.

До начала 2000 г. на севере Таджикистана действовало Алтын-Топканское рудоуправление, разрабатывавшее свинцово-цинковые месторождения Алтын-Топкан и Пайбулак. Концентрат полиметаллических руд, содержащий попутные висмут, кадмий, индий, серебро, поставлялся Алмалыкскому горно-металлургическому комбинату в Республике Узбекистан. Однако в 2000 г. в Алтын-Топканском рудном районе горно-геологические работы были приостановлены. В 2006 г. работы на объекте были возобновлены совместным таджикско-китайским предприятием «Таджикско-Китайская горнопромышленная компания», в посёлке Зарнисор (прежнее название Алтын-Топкан) построена обогатительная фабрика, производится свинцовый и цинковый концентраты.

В этом же регионе на базе утверждённых ГКЗ СССР запасов комплексных серебросодержащих руд месторождения Восточный Канимансур был создан Адрасманский (бывший свинцово-цинковый) горно-обогатительный комбинат. До 1997 г. на обогатительной фабрике комбината перерабатывались медно-висмутовые и свинцово-серебряные руды, а концентраты отправлялись на перерабатывающие предприятия СНГ, в частности на Шимкентский свинцовый завод (Казахстан). В настоящее время образовано ОАО «Адрасманский ГОК», принадлежащее казахстанской компании «Казинвестминерал» и разрабатывающее месторождение Восточный Канимансур.

Другими примерами успешного привлечения иностранных инвестиций в горнодобывающую отрасль Республики Таджикистан являются таджикско-китайские предприятия «Зарафшон» (совместно с Zijin Mining) на базе золоторудных месторождений Тарор и Джиллау, «Пакрут» (China Nonferrous Gold Limited), «ТАЛКО Голд» (совместно с АО «Tibet Huayu Mining») по разработке золото-сурьмяных месторождений Чулбой, Кончоч и Шахкон, китайская «ТВЕА Душанбе горная промышленность» на базе месторождений Кумарги Боло и Дуобаи Шарки. Также действуют таджик-



ско-канадская «Апрелевка», таджикско-американская «Анзоб».

В качестве основного направления развития МСБ ТПИ Таджикистана руководством отрасли рассматривается также доизучение и освоение наиболее перспективных недоизученных месторождений и рудопроявлений меди, вольфрама, молибдена, никеля, золота и сурьмы [8].

Республика Узбекистан

Площадь, занимаемая Узбекистаном, составляет около 449 тыс. км². В восточной части страны возвышаются отроги Тянь-Шаня, обрамляющие Ферганскую долину, а на юго-востоке – Памира. В северной и западной частях располагаются крупнейшие пустыни – Кызылкум и Каракум (рис. 8) [5, 11].

Узбекистан располагает мощной и диверсифицированной МСБ. Здесь выявлено более 2500 месторождений и рудопроявлений 93 видов полезных ископаемых. Имеются значительные запасы природного газа. Основными видами ТПИ являются золото, медь, уран, запасы которых обеспечивают Узбекистану лидирующие мировые позиции по их рудничному производству. Активно эксплуатируются также месторождения свинца, цинка, вольфрама, различных нерудных полезных ископаемых. Известны месторождения железа, титана, висмута и других металлов. На территории Узбекистана располагаются крупнейшие месторождения медно-молибденовых руд Алмалыкской группы – Кальмакыр, Ёшлик-1 (Дальнее, Кызата), золота Кызыл-Кумской провинции – Мурунтау, Зармитан, Кокпатас, Даугызтау, месторождения урана. Данные по МСБ и рудничному производству благородных и цветных металлов Узбекистана по состоянию на 2021 г. сведены в таблицу (табл. 4, см. рис. 2, 3) [16, 21].

Узбекистан располагает крупной ресурсной базой *углеводородного сырья*. По данным из открытых источников, подтвержденные запасы природного газа составили около 1,9 трлн м³, а по объёму годовой добычи – около 54 млрд м³, страна занимает 11-е место в мире.

Месторождения углеводородов платформенной части Узбекистана входят в состав

Амударьинской газонефтеносной провинции, Северо-Кавказско-Мангышлакской нефтегазосной провинции и Северно-Устюртской нефтегазосной области. В этой части газовые ресурсы преобладают над нефтяными. Наиболее значительные – Газлинское месторождение, Кандымское, Зевардинское, Култакское, Шуртанское, Шахпахтинское, Акчалакское месторождения. Месторождения зоны постплатформенной активизации входят в состав Ферганской и Сурхан-Вахшской нефтегазосных областей. Здесь преобладают нефтяные залежи. Большая часть месторождений выявлена в бортах Ферганской впадины, перспективность центральной её части подтверждена открытием Ниязбекского и Мингбулакского месторождений.

Запасы *каменного угля* сосредоточены в двух месторождениях Сурхандарьинской области: Шаргунском (37,3 млн т) и Байсунском (15,6 млн т). Всего в стране выявлено 28 перспективных угленосных площадей.

По данным из общедоступных источников, по запасам и ресурсам *урана*, которые оцениваются почти в 140 тыс. т (около 2,3 % мировых), Узбекистан входит в десятку мировых лидеров. Ежегодно производится около 3500 т урана (7,2 % мировой добычи), что обеспечивает стране пятое место в мире по его производству. Основные месторождения и рудопроявления урана сосредоточены в Центрально-Кызылкумском регионе. Руководством страны поставлена задача увеличить запасы урана за счёт новых месторождений.

Железные руды в Узбекистане не образуют крупных скоплений. Мелкие титаномагнетитовые магмотогенные месторождения связаны с поясами ультрамафитов и габброидов вдоль бортов Южно-Тянь-Шанской складчатой области.

Запасы *висмутовых руд* сосредоточены в Чаткало-Кураминском районе. Здесь обнаружены собственно висмутовые (Устарасайское), мышьяково-висмутовые (Бричмуллинское), медно-висмутовые (Кызылгутское, Узумлекское, Ташкескенское) месторождения.

Известно свыше 140 месторождений и проявлений *вольфрамовых руд* различных ге-

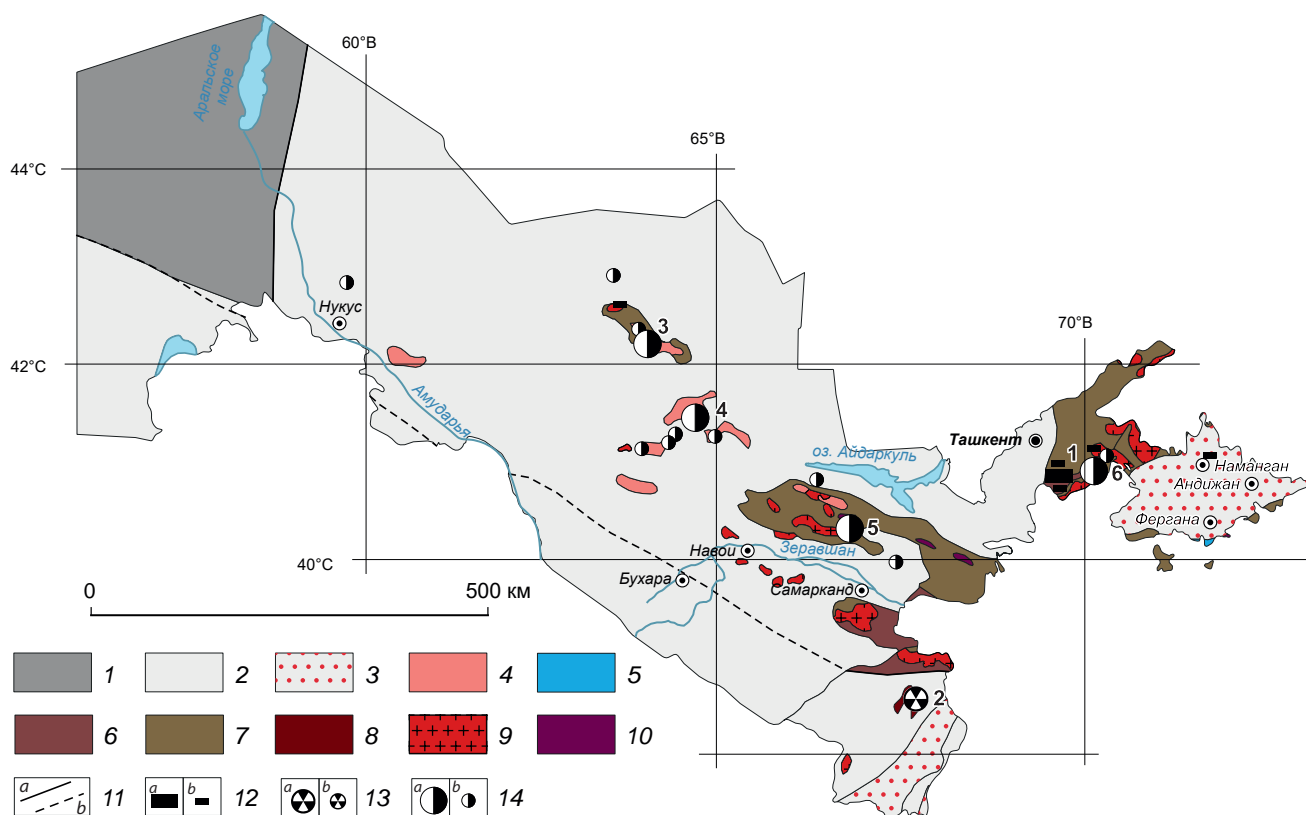


Рис. 8. Схема распределения месторождений меди, никеля, свинца, цинка и золота Республики Узбекистан (геологическая основа по [11]):

области распространения комплексов платформенного чехла: 1 – метаплатформ и авлакогенов, 2 – молодых эпипалеозойских плит; 3 – предгорные и межгорные впадины, выполненные плиоцен-четвертичными орогенными отложениями; выступы докембрийских метаморфических складчатых комплексов: 4 – нижнепротерозойских, 5 – верхнепротерозойских; области герцинской складчатости: 6 – антиклинории и другие относительные поднятия, 7 – синклинории и другие относительные прогибы, 8 – герцинский геосинклинальный складчатый комплекс нерасчленённый; интрузивные и протрузивные массивы: 9 – батолиты, штоки гранитов раннего палеозоя (D, C, P), 10 – протрузивные тела пород офиолитовой ассоциации не расчленённые по возрасту; 11 – главнейшие разломы (a – прослеженные, b – предполагаемые); месторождения и рудопроявления: 12 – меднорудные (золото-медные) (a – крупные (1 – Алмалыкская группа), b – прочие), 13 – полиметаллические (a – крупные (2 – Хандиза), b – прочие), 14 – золоторудные (a – крупные (3 – Кокпатас, 4 – Мурунтау, 5 – Зармитан, 6 – Кочбулак), b – прочие)

Fig. 8. Scheme of distribution of deposits of copper, nickel, lead, zinc and gold in the Republic of Uzbekistan (geological basis according to [11]):

areas of distribution of platform cover complexes: 1 – metaplatforms and aulacogens, 2 – young EpiPaleozoic plates; 3 – foothill and intermountain depressions filled with Pliocene-Quaternary orogenic deposits; projections of Precambrian metamorphic folded complexes: 4 – Lower Proterozoic, 5 – Upper Proterozoic; areas of Hercynian folding: 6 – anticlinoriums and other relative uplifts, 7 – synclinoriums and other relative troughs, 8 – undivided Hercynian geosynclinal folded complex; intrusive and protrusive massifs: 9 – batholiths, granite stocks of the Early Paleozoic (D, C, P), 10 – protrusive bodies of rocks of the ophiolite association, not classified by age; 11 – major faults (a – traced, b – suspected); deposits and ore occurrences: 12 – copper ore (gold-copper) (a – large (1 – Almalyk group), b – others), 13 – polymetallic (a – large (2 – Khandiza), b – others), 14 – gold ore (a – large (3 – Kokpatas, 4 – Muruntau, 5 – Zarmitan, 6 – Kochbulak), b – other)

Табл. 4. Запасы, ресурсы и производство руд цветных и благородных металлов в Республике Узбекистан по состоянию на 2021 г. (по данным S&P Global Market Intelligence, бюллетеня USGS "Mineral commodity summaries 2022" и другим источникам)

Table 4. Reserves, resources and production of non-ferrous and precious metal ores in the Republic of Uzbekistan as of 2021 (according to S&P Global Market Intelligence, USGS bulletin "Mineral commodity summaries 2022" and other sources)

Полезные ископаемые	Единицы измерения	Минерально-сырьевая база		Производство минерального сырья
		Запасы (P + R)	Ресурсы (M + I)	
Золото	т	1800	700	100
Серебро	т	2103	13 459	211
Медь	тыс. т	10 000	35 000	148
Свинец	тыс. т	504	3193	18,4
Цинк	тыс. т	1043	3819	50
Вольфрам	тыс. т	117	н/д	н/д
Молибден	тыс. т	204	60	0,78
Уран	т	5000	132 300	3526

^{1,2} – см. примечание к табл. 1

нетических типов. Промышленное значение имеют скарновые шеелитовые месторождения (Ингичкинское, Койташское, Яхтонское, Лянгарское), кварц-грейзеновые месторождения (Саргардонское), шеелитоносные штокверки в осадочно-метаморфических формациях Кызылкума (Сарытауское, Саутбайское).

В Узбекистане известно около 900 месторождений и проявлений *медных руд* различных генетических типов. Главное промышленное значение в настоящее время имеют каменноугольно-пермские медно-порфировые месторождения Алмалыкской группы в одномименном районе Ташкентской области [23]. К ним относятся длительно эксплуатируемые месторождения Кальмакыр и Сары-Чеку, готовится к эксплуатации новое крупнейшее месторождение меди Ёшлик-1 (Дальнее). По данным из общедоступных источников, общие запасы меди объединённых месторождений Кальмакыр и Ёшлик-1 по результатам выполненной переоценки составляют около 45 млн т, а попутного золота в них 5 тыс. т [2]. Содержание меди в первичных рудах 0,3–1 %, а в зонах окисления и вторичного сульфидного обогащения 0,3–4 %; содержание молибдена в комплексных рудах составляет около 0,01 %, а золота достигает десятых долей грамма на тонну. Кроме того, руды содержат повышенные концентрации серебра, редких металлов и др.

а в зонах окисления и вторичного сульфидного обогащения 0,3–4 %; содержание молибдена в комплексных рудах составляет около 0,01 %, а золота достигает десятых долей грамма на тонну. Кроме того, руды содержат повышенные концентрации серебра, редких металлов и др.

В Ферганской и Сурхандарьинской областях известны проявления медистых песчаников неогенового и мелового возраста, а в юго-западных отрогах Гиссарского хребта и Кызылкуме – рудопроявления медно-колчеданного типа.

Свинцово-цинковые руды представлены колчеданно-полиметаллическими (Хандиза), стратиформными в карбонатных толщах (Уч-Кулач, Кульчулак) и плутоногенными скарново-гидротермальными полиметаллическими (Кургашинкан), а также метасоматическими и гидротермальными жильными месторождениями. Крупные колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенно-осадочных породах Гиссарского хребта содержат в промышленных количествах свинец, цинк, медь, серебро, висмут и редкие металлы. Скарново-гидротермальные месторождения помимо свинца и цинка содержат редкие металлы.

Наиболее значимыми полиметаллическими месторождениями Узбекистана являются месторождения Хандиза и Уч-Кулач. Колчеданно-полиметаллическое месторождение Хандиза, располагающееся в юго-западных отрогах Гиссарского хребта, имеет разведанные запасы около 1,5 млн т цинка, 700 тыс. т свинца, 180 тыс. т меди и 2,3 тыс. т серебра. Освоение месторождения началось в 2007 г., в 2015 г. рудник вышел на проектную мощность – 650 тыс. т руды в год. Стратиформное месторождение Уч-Кулач на северо-западе Джизакской области имеет запасы богатых свинцово-цинково-баритовых руд около 190 млн т, в которых содержится более 3 млн т свинца и цинка. Эксплуатировалось с 1981 по 1998 г., в 2006 г. законсервировано.

Запасы *золота* в Узбекистане в собственно золоторудных месторождениях составляют, по экспертным данным, 1800 т, а ресурсы – 700 т. Золото в виде попутного компонента содер-



жится также в рудах медно-порфировых, колчеданно-полиметаллических и других типов месторождений. О возможных ресурсах золота, присутствующего в качестве попутного компонента в рудах таких месторождений, можно судить по приведённой выше оценке для медно-порфировых месторождений Алмалыкского узла – около 5 тыс. т.

Основу золоторудной ресурсной базы составляют месторождения Кызылкумского (Мурунтау, Мютенбай, Триада, Амантайтау, Кокпатаг, Даугызтау, Аджибугут и др.), Самаркандского (Чармитан, Гужумсай, Сармич, Биран, Марджанбулак и др.) и Приташкентского (Кочбулак, Кайрагач, Кызылалмасай, Каульды, Пирмираб, Гузаксай и др.) геолого-экономических районов.

По мнению советских геологов, собственно золоторудные и золотосеребряные эндогенные месторождения Узбекистана представлены постмагматическими образованиями вулканогенного (Кураминская металлогеническая зона) и плутоногенного или полигенного черносланцевого (Южно-Букантауская, Туркестано-Алайская и Зеравшано-Туркестанская металлогенические зоны) типов. Экзогенные месторождения представлены аллювиальными и пролювиальными, реже элювиальными россыпями четвертичного возраста.

Самым знаменитым золоторудным месторождением Узбекистана является месторождение Мурунтау в пустыне Кызылкум. Месторождение открыто в 1958 г., эксплуатация ведётся с 1969 г. Относится к крупнообъёмному черносланцевому типу. Запасы месторождения составляли более 1700 т золота, а общая ресурсная база оценивается в настоящее время более чем в 4500 т. Отрабатывается открытым карьером. Ежегодная добыча золота составляет около 80 т.

В 2021 г. Узбекистан наравне с Южной Африкой и Мексикой произвёл в общей сложности почти 100 т золота, уступив только шести странам.

Общие запасы *серебра* в Республике Узбекистан (по данным S&P Global Market Intelligence) на 2019 г. составляли более 15 500 т, в том числе подтверждённые – около 2100 т [16].

Горно-химическое сырьё в Узбекистане представлено каменной солью (месторождения Барсакельмесское, Тюбегатанское, Ходжаиканское), калийными (Тюбегатанское) и сульфатными солями, серой, флюоритом и другими полезными ископаемыми.

Индустриальное сырьё представлено месторождениями асбеста, волластонита, графита, бентонитовых глин, каолина, кварцевых песков и полевого шпата. Известны также месторождения поделочных мраморов, агальматолита и проявления родонита [21].

Крупнейшими горнодобывающими компаниями Республики Узбекистан являются АО «Алмалыкский ГМК», основой МСБ которого служит крупнейший Алмалыкский меднорудный узел, а также АО «Навоийский ГМК» с уникальным золоторудным месторождением Мурунтау и другими месторождениями золота Кызылкумской провинции.

В настоящее время Алмалыкский ГМК производит в виде конечной продукции из собственного горнорудного сырья 148 тыс. т катодной меди, 17 т золота, 196 т серебра в год. В ближайшее время планируется удвоить производство этих металлов.

Помимо меди Алмалыкский ГМК добывает и перерабатывает свинцово-цинково-баритовые руды месторождения Уч-Кулач, расположенного в Джизакской области, и полиметаллические руды месторождения Хандиза, расположенного в Кашкадарьинской области. В состав Алмалыкского ГМК входят восемь шахт, пять горно-обогачительных комбинатов, два металлургических завода, а также цементный, сернокислотный, механический и известковый заводы. В феврале 2017 г. Алмалыкский ГМК ввёл в эксплуатацию новую автоматизированную печь на медеплавильном заводе. Проект финансировался за счёт кредитов Фонда реконструкции и развития Узбекистана (ФРРУ) (29 млн долл. США), кредитов коммерческих банков Узбекистана (34 млн долл. США) и собственных средств Алмалыкского комбината. В ближайшие годы Алмалыкский горно-металлургический комбинат направит свыше 3,3 млрд долл. США на модернизацию



своих производственных мощностей и расширение сырьевой базы.

С августа 2018 г. государственная доля в предприятии передана в доверительное управление зарубежной компании SFI Management Group. Основным рынком внешнего сбыта Алмалыкского ГМК является Турция, куда поставляется от 60 до 70 % продукции. Затем идут Китай, страны СНГ, Восточной Европы.

АО «Навоийский ГМК» – ведущий производитель золота и единственный производитель урана в Узбекистане. Предприятие входит в пятёрку крупнейших мировых компаний-производителей золота с годовой добычей около 80 т. Месторождение Мурунтау в Центральном-Кызылкумском районе разрабатывается Навоийским ГМК открытым способом с 1969 г. Доля Навоийского ГМК в общем объёме производства золота в Узбекистане составляет около 80 %. Компания контролирует 13 месторождений золота, большинство из которых либо уже разрабатываются, либо планируются к разработке в ближайшем будущем. Аффинаж на Навоийском ГМК ведётся на четырёх заводах, расположенных в Навои, Учкудуке, Зарафшане и Зармитане [21].

Интерес к минерально-сырьевым ресурсам Узбекистана проявляют также турецкие инвесторы. Так, в настоящее время планируется возобновить работы на законсервированном полиметаллическом месторождении Уч-Кулач совместными усилиями Алмалыкского ГМК и турецкой компании Esan Eczacibasi. Планируется ежегодная добыча 500 тыс. т руды, производство цинкового и свинцового концентратов.

Выводы

1. Страны Центрально-Азиатского региона СНГ занимают важное место в мировой минерально-сырьевой базе и рудничном производстве твёрдых полезных ископаемых, в том числе «базовых» цветных (медь, никель, свинец, цинк) и благородных (золото, серебро) металлов.

2. Республика Казахстан занимает второе место после России среди стран СНГ по объёмам добычи полезных ископаемых. Помимо значительных запасов нефти и газового кон-

денсата (3,93 млрд т), хромитов (30 % мировых запасов), урана (15 % мировых запасов), а также железных и марганцевых руд, по запасам и ресурсам которых Казахстан входит в первую десятку стран мира, Казахстан обладает большими запасами золота (Бакырчик, Васильковское, Аксу, Акбакай), меди (Джезказган, Актогай, Бозшаколь), никеля (Западно-Тургайский никеленосный район), свинца, цинка, серебра (месторождения Рудного Алтая), вольфрама, молибдена. Казахстан – крупнейший в мире производитель природного урана (45 % мировой добычи), второй по добыче хромитов (до 20 % мирового рудничного производства), один из крупнейших производителей меди (более 2 % мирового производства), заметный производитель бокситов (входит в мировую десятку).

3. Кыргызская Республика обладает значительными минеральными ресурсами по целому ряду полезных ископаемых – золото, ртуть, сурьма, редкие земли, олово, вольфрам и уголь. Разрабатываются или готовятся к отработке крупные месторождения золота (Кумтор, Джеруй, Талды-Булак Левобережный, Чаарат), сурьмы (Кадамжай, Хайдаркан), комплексные золото-молибден-медные (Бозымчак, Талды-Булак). В Ферганской впадине добываются нефть и газ.

4. Республика Таджикистан занимает первое место среди стран СНГ по подтверждённым запасам и ресурсам сурьмы (Зеравшано-Гиссарский ртутно-сурьмяный пояс Центрального Таджикистана). Выявленные ресурсы серебра Адрасман-Канимансурского рудного поля по объёму отвечают мировому уровню и могут вывести страну в первую пятёрку стран-производителей при наличии современных технологий. МСБ золота Таджикистана позволяет эффективно развивать золотодобывающую отрасль. Золоторудные месторождения Гиссарской зоны во многих случаях пространственно совмещены с сурьмяными объектами. В стране выявлены значительные запасы вольфрама (месторождение Майхура), молибдена. Имеются крупнейшие месторождения каменной соли, стронция. По запасам и высокому качеству каменного угля Таджики-



стан занимает ведущее место в Центральной Азии. Выявлены небольшие запасы нефти и газа.

5. Республика Узбекистан обладает значительными запасами природного газа (месторождения Газлинское, Кандымское, Зевардинское, Култакское), руд золота (Мурунтау, Зармитан, Кокпатас и др.), меди (крупнейшие месторождения золото-молибден-медных руд Алмалыкской группы – Кальмакыр, Сарычекку, Ёшлик-1 (Дальнее), свинца и цинка (Хандиза, Уч-Кулач), вольфрама, алюминиевого сырья, различных нерудных полезных ископаемых. По рудничному производству золота Узбекистан находится в первой десятке стран мира, по производству природного урана – на пятом месте, добыче газа – на одиннадцатом месте. По производству меди, несмотря на большие запасы медных руд, страна не входит в лидирующую группу стран-производителей. Ожидается значительное увеличение производства меди после введения в эксплуатацию новых рудников.

6. Страны СНГ Центрально-Азиатского региона обладают взаимодополняющей минерально-сырьевой базой с заметной долей в мировых запасах и ресурсах по целому ряду полезных ископаемых. По суммарным запасам и ресурсам «базовых» цветных (медь, свинец, цинк – за исключением никеля) и благородных (золото и серебро) металлов страны Центрально-Азиатского региона СНГ практически не уступают таким мировым минерально-сырьевым державам, как Россия и Китай. В то же время интенсивная отработка извест-

ных объектов требует систематического воспроизводства МСБ.

7. Уровень горнорудного производства по основным видам ТПИ в целом сбалансирован и отвечает подготовленной МСБ. При этом суммарное производство «базовых» цветных и благородных металлов в регионе примерно в 1,5–2 раза ниже российского (несколько превышая его по цинку) и существенно отстаёт от китайского – в три раза по меди, в пять раз по серебру и более чем на порядок – по свинцу и цинку (по золоту и никелю – в полтора-два раза). Наиболее существенные диспропорции между МСБ и «отстающим» рудничным производством в регионе заметны по свинцу и серебру (Таджикистан), что позволяет ожидать в будущем увеличение их производства. Значительные перспективы роста МСБ и производства золота имеются у Кыргызстана.

8. Актуальным остаётся восстановление и развитие партнёрских связей геологоразведочных, горнодобывающих, металлургических, промышленных предприятий СНГ. Одной из эффективных платформ такого взаимодействия является Межправительственный совет стран СНГ по геологии и разведке недр. Объединение усилий по развитию горнодобывающей промышленности стран Центрально-Азиатского региона и её минерально-сырьевой базы будет способствовать развитию каждой из стран и их сотрудничества в рамках мировых межгосударственных организаций, таких как ЕАЭС, БРИКС и ШОС [6].

Список литературы

1. *Ивлева Е. А., Пак Н. Т.* Этапы формирования золотого оруденения и крупные месторождения золота в Кыргызстане // Отечественная геология. – 2023. – № 3. – С. 28–41.
2. *Заложен первый камень в фундамент новой медно-обогагательной фабрики.* – URL: <https://president.uz/ru/lists/view/4519> (дата обращения: 29.08.2023).
3. *Золотодобывающая промышленность Казахстана* // ЗОЛОТОДОБЫЧА. Добыча золота, технологии, оборудование. – URL: <https://zolotodb.ru/article/11194/?page=all> (дата обращения: 25.05.2022).
4. *Золотодобывающая промышленность Киргизии. Обзор* // ЗОЛОТОДОБЫЧА. Добыча золота, технологии, оборудование. – URL: <https://zolotodb.ru/article/12255> (дата обращения: 23.08.2022).
5. *Караулов В. Б.* Введение в региональную геологию России и ближнего зарубежья. – М.: ГЕОС, 2017. – 173 с.



6. Козловский Е. А., Комаров М. А., Макрушин Р. Н. Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР: стратегия недропользования. – М. : Ладомир, 2013. – 337 с.
7. Константинов М. М. Золоторудные провинции мира. – М. : Научный мир, 2006. – 358 с.
8. Переход на международные стандарты в геологии способствует достижению четвертой стратегической цели. Интервью начальника Главного управления геологии при Правительстве Республики Таджикистан И. С. Оймухаммадзода журналисту «Народной Газеты» 03.01.2023 г. – URL: www.narodnaya.tj/index.php?option=com_content&view=article&id=17088:2023-01-03-06-25-15&catid=63:obshestvo&Itemid=170.
9. Природные ресурсы / Посольство Республики Таджикистан в Федеративной Республике Германия. – URL: <https://mfa.tj/ru/berlin/tadzhikistan/ekonomika/prirodnye-resursy> (дата обращения: 23.08.2022).
10. Сафонов Ю. Г., Бортников Н. С., Злобина Т. М., Чернышев В. Ф., Прокофьев В. Ю. Многометалльное (Ag, Pb, U, Cu, Bi, Zn, F) Адрасман-Канимансурское рудное поле (Таджикистан) и его рудообразующая система, геология, минералогия, структурные условия рудоотложения // Геология рудных месторождений. – 2000. – Т. 42, № 3. – С. 195–211.
11. Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий / Е. Е. Милановский (отв. ред.), О. А. Мазарович, С. Л. Костюченко. – М. : МГУ; Производственное картосоставительское объединение «Картография», 2007.
12. Хакбердиев Х. М. Роль полезных ископаемых Согдийской области в экономике Республики Таджикистан // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. Отделение общественных наук. – 2021. – № 4 (265). – С. 154–157.
13. CIQ Pro: Kazakhstan | Metals & Mining Overview. – URL: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=KZ> (дата обращения: 08.03.2022).
14. CIQ Pro: Kyrgyzstan | Metals & Mining Overview. – URL: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=KG> (дата обращения: 08.03.2022).
15. CIQ Pro: Tajikistan | Metals & Mining Overview. – URL: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=TJ> (дата обращения: 08.03.2022).
16. CIQ Pro: Uzbekistan | Metals & Mining Overview. – URL: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=UZ> (дата обращения: 09.03.2022).
17. Mineral commodity summaries 2022 / U.S. Geological Survey. – 202 p. – URL: <https://doi.org/10.3133/mcs2022> (дата обращения: 12.09.2023).
18. The mineral industry of Kazakhstan / by E. Safirova // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2017–2018, Kazakhstan. Advance release. – 2021. – 17 p.
19. The mineral industry of Kyrgyzstan / by K. M. Renaud // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2019, Kyrgyzstan. Advance release. – 2023. – 7 p.
20. The mineral industry of Tajikistan / K. M. Renaud // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2017–2018, Tajikistan. Advance release. – 2020. – 6 p.
21. The mineral industry of Uzbekistan / E. Safirova // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2020–2021, Uzbekistan. Advance release. – 2023. – 11 p.
22. Soloviev S. G., Kryazhev S. G., Dvurechenskaya S. S., Trushin S. I. The large Bakyrchik orogenic gold deposit, eastern Kazakhstan: Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics // Ore Geology Reviews. – 2020. – № 127. – 103863. – 28 p.
23. Zvezdov V. S., Migachev I. F., Girfanov M. M. Porphyry Copper Deposits of the CIS and the Models of their Formation // Ore Geology Reviews. – 1993. – V. 7, № 6. – P. 511–549.

References

1. Ivleva E. A., Pak N. T. Etapy formirovaniya zolotogo orudneniya i krupnye mestorozhdeniya zolota v Kyrgyzstane [Stages of formation of gold mineralization and large gold ore deposits in Kyrgyzstan], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2023, No 3, pp. 28–41. (In Russ.).
2. Zalozhen pervyi kamen' v fundament novoi medno-obogatitel'noi fabriki [The foundation stone of the new copper processing plant has been laid], available at: <https://president.uz/ru/lists/view/4519> (Accessed: 29.08.2023).
3. Zolotodobyvayushchaya promyshlennost' Kazakhstana [Gold mining industry of Kazakhstan], *ZOLOTODOBYChA. Dobycha zolota, tekhnologii, oborudovanie [GOLD MINING. Gold mining, technologies, equipment]*, available at: <https://zolotodb.ru/article/11194/?page=all> (Accessed: 25.05.2022).



4. Zolotodobyvayushchaya promyshlennost' Kirgizii. Obzor [Gold mining industry of Kyrgyzstan. Review], *ZOLOTODOBYChA. Dobycha zolota, tekhnologii, oborudovanie* [GOLD MINING. Gold mining, technologies, equipment], available at: <https://zolotodb.ru/article/12255> (Accessed: 23.08.2022).
5. Karaulov V. B. Vvedenie v regional'nuyu geologiyu Rossii i blizhnego zarubezh'ya [Introduction to regional geology of Russia and neighboring countries], Moscow, GEOS Publ., 2017, 173 p.
6. Kozlovskii E. A., Komarov M. A., Makrushin R. N. Braziliya, Rossiya, Indiya, Kitai, YuAR: strategiya nedropol'zovaniya [Brazil, Russia, India, China, South Africa: the strategy of subsoil use], Moscow, Ladimir Publ., 2013, 337 p.
7. Konstantinov M. M. Zolotorudnye provintsii mira [Gold mining provinces of the world], Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2006, 358 p.
8. Perekhod na mezhdunarodnye standarty v geologii sposobstvuet dostizheniyu chetvertoi strategicheskoi tseli. Interv'yu nachal'nika Glavnogo upravleniya geologii pri Pravitel'stve Respubliki Tadzhikistan I. S. Oimukhammadzoda zhurnalistu "Narodnoi Gazety" 03.01.2023 g. [The transition to interstate standards in the geological list allows access to the fourth strategic goal. Interview with the head of the Main Department of Geology under the Government of the Republic of Tajikistan I. S. Oymukhammadzoda to the journalists of "Narodnaya Gazeta" 03.01.2023], available at: www.narodnaya.tj/index.php?option=com_content&view=article&id=17088:2023-01-03-06-25-15&catid=63:obshestvo&Itemid=170.
9. Prirodnye resursy [Natural resources], Embassy of the Republic of Tajikistan in the Federal Republic of Germany Publ., available at: <https://mfa.tj/ru/berlin/tadzhikistan/ekonomika/prirodnye-resursy> (Accessed: 23.08.2022).
10. Safonov Yu. G., Bortnikov N. S., Zlobina T. M., Chernyshev V. F., Prokof'ev B. Yu. Mnogometall'noe (Ag, Pb, U, Cu, Bi, Zn, F) Adrasman-Kanimansurskoe rudnoe pole (Tadzhikistan) i ego rudoobrazuyushchaya sistema, geologiya, mineralogiya, strukturnye usloviya rudootlozheniya [Polymetal (Ag, Pb, U, Cu, Bi, Zn, F) Adrasman-Kanimansur ore field (Tadzhikistan), and its ore-forming system, geology, mineralogy, and structural conditions of the ore deposition], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2000, V. 42, No 3, pp. 195–211. (In Russ.).
11. Tektonicheskaya karta Rossii, sopredel'nykh territorii i akvatorii [Tectonic map of Russia, adjacent territories and water areas], ed. E. E. Milanovskii, O. A. Mazarovich, S. L. Kostyuchenko, Moscow, MSU and Production Mapping Association "Kartografiya" Publ., 2007.
12. Khakberdiev Kh. M. Rol' poleznykh iskopaemykh Sogdiiskoi oblasti v ekonomike Respubliki Tadzhikistan [Extraction of the main types of minerals in the Sughd region and their capacities], *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadzhikistan. Otdelenie obshchestvennykh nauk* [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Social Sciences], 2021, No 4 (265), pp. 154–157. (In Russ.).
13. CIQ Pro: Kazakhstan | Metals & Mining Overview, available at: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=KZ> (Accessed: 08.03.2022).
14. CIQ Pro: Kyrgyzstan | Metals & Mining Overview, available at: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=KG> (Accessed: 08.03.2022).
15. CIQ Pro: Tajikistan | Metals & Mining Overview, available at: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=TJ> (Accessed: 08.03.2022).
16. CIQ Pro: Uzbekistan | Metals & Mining Overview, available at: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#country/metalsMiningOverview?keycountry=UZ> (Accessed: 09.03.2022).
17. Mineral commodity summaries 2022, U.S. Geological Survey, 202 p, available at: <https://doi.org/10.3133/mcs2022> (Accessed: 12.09.2023).
18. The mineral industry of Kazakhstan, by E. Safirova, *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2017–2018, Kazakhstan*, Advance release, 2021, 17 p.
19. The mineral industry of Kyrgyzstan, by K. M. Renaud, *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2019, Kyrgyzstan*, Advance release, 2023, 7 p.
20. The mineral industry of Tajikistan, by K. M. Renaud, *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2017–2018, Tajikistan*, Advance release, 2020, 6 p.
21. The mineral industry of Uzbekistan, by E. Safirova, *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2020–2021, Uzbekistan*, Advance release, 2023, 11 p.
22. Soloviev S. G., Kryazhev S. G., Dvurechenskaya S. S., Trushin S. I. The large Bakyrchik orogenic gold



deposit, eastern Kazakhstan: Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics, *Ore Geology Reviews*, 2020, No 127, 103863, 28 p.

23. Zvezdov V. S., Migachev I. F., Girfanov M. M. Porphyry Copper Deposits of the CIS and the Models of their Formation, *Ore Geology Reviews*, 1993, V. 7, No 6, pp. 511–549.

Черных Александр Иванович (chernykh@tsnigri.ru)

кандидат геол.-минерал. наук, генеральный директор

Гирфанов Михаил Миргалимович

кандидат геол.-минерал. наук, начальник отдела международного сотрудничества

Истомин Валерий Александрович

научный сотрудник

Фёдоров Дмитрий Теодорович

кандидат геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник

Пашков Владимир Сергеевич

заместитель начальника отдела международного сотрудничества

Сватков Андрей Сергеевич

техник

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

Эндогенное золото российского Алтая

Гаськов И. В.

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

Аннотация. Алтай России в геологическом и металлогеническом понимании включает Горный Алтай и северо-западную часть Рудного Алтая, в административном плане – Алтайский край и республику Алтай. Горный Алтай испытал сложную историю геологического развития, включающую субдукционные, аккреционно-коллизийные и рифтогенные процессы с образованием различного типа магматизма и эндогенного оруденения золота. История добычи золота в регионе связана в основном с россыпями, и в настоящее время резерв россыпных месторождений золота практически исчерпан, а перспективы коренного оруденения мало изучены. В этой связи в регионе назрела проблема оценки потенциала рудного золота на известных рудопроявлениях и перспективных площадях рудных узлов.

В российской части Рудного Алтая запасы золота преимущественно связаны с золотоносными колчеданно-полиметаллическими месторождениями и меньше с небольшими золоторудными проявлениями.

Важное практическое значение для региона могут иметь золото-сульфидно-скарновое, эпitherмальное золото-серебряное, медно-золото-порфировое и золото-ртутное типы оруденения. Увеличение запасов рудного золота в российской части Рудного Алтая связано в основном с доизучением колчеданно-полиметаллических месторождений.

Ключевые слова: Рудный Алтай, Горный Алтай, золото, золоторудные месторождения, металлогения.

Для цитирования: Гаськов И. В. Эндогенное золото российского Алтая. Руды и металлы. 2023. № 3. С. 37–60. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10012.

Endogenous gold of the russian Altai

Gaskov I. V.

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

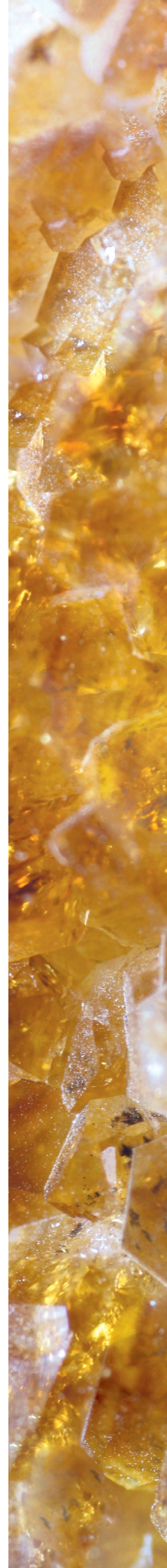
Annotation. The Altai of Russia in the geological and metallogenic sense includes the Altai Mountains and the northwestern part of Rudny Altai, and in administrative terms – the Altai Territory and the Altai Republic. Gorny Altai has experienced a complex history of geological development, including subduction, accretion-collision and rifting processes with the formation of various types of magmatism and endogenous gold mineralization. The history of gold mining in the region is associated mainly with placers and currently the reserve of placer gold deposits is almost exhausted, and the prospects for primary mineralization have been little studied. In this regard, the problem of assessing the potential of ore gold in known ore occurrences and promising areas of ore clusters has become urgent in the region.

In the Russian part of Rudny Altai, gold reserves are mainly associated with gold-bearing pyrite-polymetallic deposits and less with small gold ore occurrences.

Gold-sulfide-skarn, epithermal gold-silver, copper-gold-porphyry and gold-mercury types of mineralization may have important practical significance for the region. The increase in ore gold reserves in the Russian part of Rudny Altai is mainly due to additional exploration of pyrite-polymetallic deposits.

Keywords: Rudny Altai, Gorny Altai, gold, gold deposits, metallogeny.

For citation: Gaskov I. V. Endogenous gold of the russian Altai. Ores and metals, 2023, № 3, pp. 37–60. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10012.





Введение. Российский Алтай, как часть Большого Алтая, в геологическом и металлогеническом понимании включает Горный Алтай и северо-западную часть Рудного Алтая, в административном плане – территории Алтайского края и республики Алтай (рис. 1). Горный Алтай объединяет республику Алтай и юго-восточную часть Алтайского края. У него длительная история добычи золота, которая связана в основном с россыпями. В настоящее время резерв россыпных месторождений здесь практически исчерпан, а перспективы коренного золотого оруденения недостаточно изучены. В Горном Алтае выявлены и отрабатываются лишь три небольших месторождения – Синюхинское, Новофирсовское и Мурзинское, относящиеся к золото-скарновому и эпитермальному типам. Известны также многочисленные рудопроявления других формационных типов – золото-серебряного, золото-сульфидного и золото-сульфидно-кварцевого, а также перспективные площади с шлиховыми ореолами и точками минерализации золота, которые требуют дополнительного изучения. По данным [2], доля добытого золота из россыпей по опыту многих регионов России и мира обычно в десятки и сотни раз меньше объёма металла, заключённого в сопутствующих коренных месторождениях. В этой связи в регионе назрела проблема оценки потенциала известных рудопроявлений, анализа золотоносности отдельных перспективных площадей, рудных полей и узлов, а также их связи с рудогенерирующим магматизмом и рудоконтролирующими структурами.

Российская часть Рудного Алтая также характеризуется достаточно богатой минерально-сырьевой базой, включающей золотоносные полиметаллические и колчеданно-полиметаллические месторождения, небольшие собственно золоторудные проявления. На 01.01.2020 г. на учёте находилось 39 месторождений, в том числе два собственно золоторудных, 14 комплексных золотосодержащих, 23 россыпных с суммарными балансовыми запасами 47,1 т (0,3 % от общих запасов РФ) [1]. Из них 94,3 % запасов золота приходится на комплексные полиметаллические месторождения, среди кото-

рых Корбалихинское (балансовые запасы 8,1 т) и Зареченское (6,3 т). В данной статье мы попытаемся на основе собственных исследований и обобщённых литературных данных показать общую картину развития золотого оруденения в регионе и оценить его перспективы.

Геология и металлогения золота Горного Алтая. Горный Алтай в период с венда-раннего кембрия до пермо-триасового времени прошёл сложную историю развития, включая проявления субдукционных, аккреционно-коллизийных и рифтогенных процессов, сопровождаемых образованием разного типа магматизма и эндогенного оруденения. Многоэтапное длительное развитие отразилось на его геологическом строении [3, 17]. В настоящее время на территории Горного Алтая выделяются семь структурно-формационных зон: Чарышская, Холзунско-Чуйская, Талицкая, Ануйско-Чуйская, Бийско-Катунская, Уйменско-Лебедская и Телецкая, различающиеся геологическим строением, магматизмом и металлогенией [5]. Развитие металлогении в геологической истории региона было дискретным, и наиболее широко она проявилась в герцинский и постгерцинский этапы, когда сформировался широкий и разнообразный комплекс минеральных ресурсов, часть из которых имеют промышленные параметры. На территории Горного Алтая выделяется несколько крупных рудных узлов, включая золоторудные. Наиболее продуктивными на рудное золото являются Уйменско-Лебедская и Чарышско-Инская структурно-формационные зоны, расположенные на востоке и западе региона соответственно.

Уйменско-Лебедская зона выделена в восточной части Горного Алтая в пределах одноимённого синклинорного прогиба, сложенного в основании разреза карбонатными толщами верхнего протерозоя и вулканогенно-осадочными отложениями нижнего-среднего кембрия. В северной части они несогласно перекрыты пестроцветными песчано-сланцевыми отложениями ордовика и силура, в южной – вулканогенно-осадочной толщей среднего и верхнего девона. Интрузивный магматизм в этой зоне представлен средне-позднекембрий-

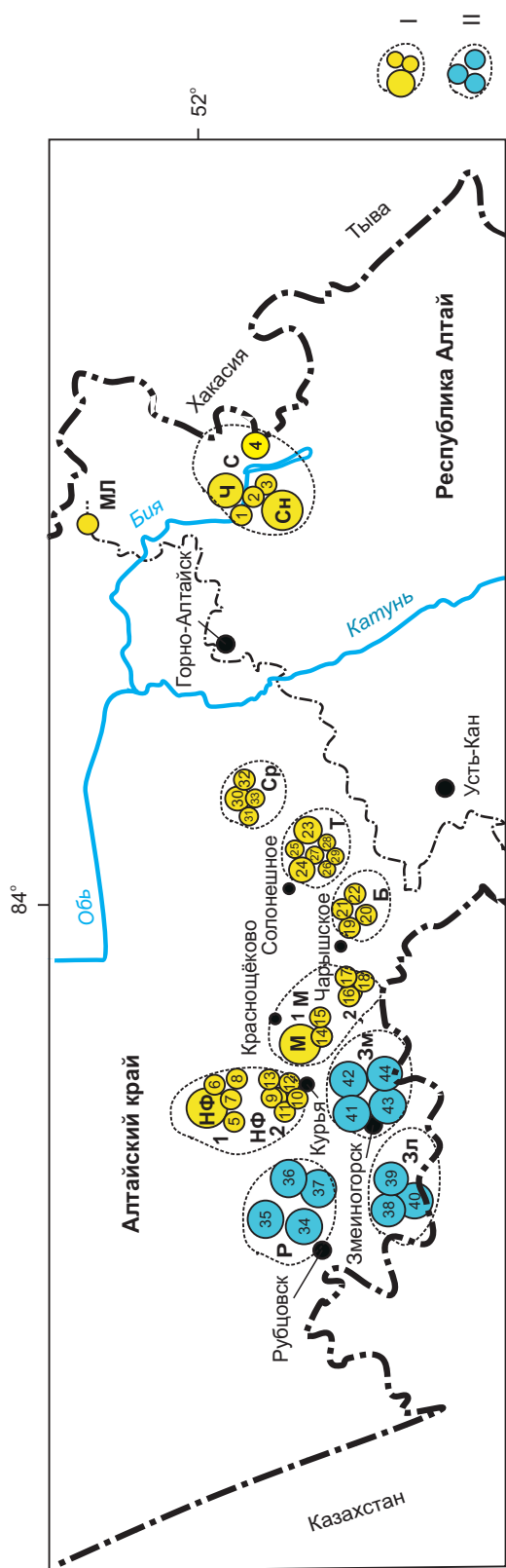


Рис. 1. Схема распределения золоторудных и золотосодержащих месторождений и рудопроявлений Алтай России:

I – золоторудные узлы: С – Синюхинский с золоторудными месторождениями (Сн – Синюхинское, Ч – Чойское) и рудопроявлениями (1 – Ульменское, 2 – Ишинское, 3 – Оюкское, 4 – Кульбич); МЛ – Майско-Лебедское золото-скарновое месторождение; ИФ – Новофирсовский, включающий Новофирсовское золоторудное поле (1) с основным месторождением и рудопроявлениями (5 – Каменный колодец, 6 – Вострухинская площадь, 7 – Игнашинское, 8 – горы Верблюжей и Курьинское золотосеребряное рудное поле (2) с рудопроявлениями (9 – Курьинское, 10 – Придорожное, 11 – Костинский рудник, 12 – Новое, 13 – горы Толстуха); М – Мурзинский, включающий Мурзинское рудное поле (1) с основным месторождением и рудопроявлениями (14 – Мурзинское 2, 15 – Мурзинское 3 и Чагырское рудное поле (2) с рудопроявлениями (16 – Суеткинские, 17 – Усть-Беловские, 18 – Чагырские); Б – Башелакское золоторудное поле с месторождениями (19 – Центральное, 20 – Потайнухинское, 21 – Куртачихинское, 22 – Светлинское); Т – Топольнинское золоторудное поле с месторождениями (23 – Лог-26, 24 – Баяниха) и рудопроявлениями (25 – Сухая Грива, 26 – Чёртова Грива, 27 – Чёртова Яма, 28 – Кемровское, 29 – Пропаший Лог); Ср – Сарасинская золото-ртутная зона с месторождениями (30 – Сухонькое, 31 – Новое, 32 – Черемшанское, 33 – Левобережное); П – рудные узлы золотосодержащих колчедано-полиметаллических месторождений: Р – Рубцовский с месторождениями (34 – Рубцовское, 35 – Захаровское, 36 – Стенное, 37 – Таловское); Зл – Золотушинский с месторождениями (38 – Золотушинское, 39 – Новозолотушинское, 40 – Юбилейное); Зм – Змеиногорский с месторождениями (41 – Зареченское, 42 – Корбалихинское, 43 – Среднее, 44 – Карамышевское)

Fig. 1. Scheme of distribution of gold ore and gold-bearing deposits and ore occurrences in Altai of Russia:

I – gold ore clusters: С – Sinyukhinsky with gold deposits (Сн – Sinyukhinskoye, Ч – Choykskoye) and ore occurrences (1 – Ulmenskoye, 2 – Ishinskoye, 3 – Oyukskoye, 4 – Kulbich); МЛ – Maysko-Lebedskoye gold-skarne deposit; ИФ – Novofirsovsky, including the Novofirsovsky gold ore field (1) with the deposit of the same name and ore occurrences (5 – Kamenny Kolodec, 6 – Vostrukhninskaya Square, 7 – Ignashikhinskoye, 8 – Verbyuzhaya Mountains and the Kurynskoye gold-silver ore field (2) with ore occurrences (9 – Kurynskoye, 10 – Pridorozhnoye, 11 – Kostinsky mine, 12 – Novoe, 13 – Tolstukha Mountains); М – Murzinsky, including the Murzinskoye ore field (1) with the deposit of the same name and ore occurrences (14 – Murzinskoye 2, 15 – Murzinskoye 3 and Chagyrskoye ore field (2) with ore occurrences (16 – Suetkinsky, 17 – Ust-Belovskiy, 18 – Chagyrskiy); Б – Bachelaksky with gold ore fields (19 – Central, 20 – Potaynukhinskoye, 21 – Kurtachikhinskoye, 22 – Svetlinskoye); Т – Topolninskoye gold ore field with the deposits (23 – Log-26, 24 – Bayanikha) and ore occurrences (25 – Sukhaya Griva, 26 – Chyortova Griva, 27 – Chyortova Yama, 28 – Kemrovskoye, 29 – Propaschy Log); Ср – Sarasinskaya gold-mercury zone with deposits (30 – Sukhonkoe, 31 – Novoe, 32 – Cheremshanskoye, 33 – Levoberezhnoye); П – ore nodes of gold-bearing pyrite-polymetallic deposits: Р – Rubtsovsky with deposits (34 – Rubtsovskoye, 35 – Zakharovskoye, 36 – Stennoye, 37 – Talovskoye); Зл – Zolotushinsky with deposits (38 – Zolotushinskoye, 39 – Novozolotushinskoye, 40 – Yubileynoye); Зм – Zmeinogorsky with deposits (41 – Zarechenskoye, 42 – Korbalikhinskoye, 43 – Sredneye, 44 – Karamyshevskoye)



скими габбро-гранитными интрузиями сараккошинского комплекса ($512,2 \pm 6,2$ млн лет) и девонскими образованиями югалинского ($(406 \pm 4) - (399 \pm 2)$), турочакского (390 ± 7) и кызылташского (D_2) комплексов, связанных с этапом активной континентальной окраины [17]. В контактовой части диорит-гранитного массива югалинского комплекса и карбонатных пород широко развито золотое оруденение преимущественно золото-сульфидно-скарнового типа. Здесь выделяется Синюхинский рудный узел с месторождениями Синюхинское, Чойское, рудопроявлениями Ульменское, Оюкское и Кульбич [6, 23]. На севере этой зоны на границе с Горной Шорией также в связи с диорит-гранитами югалинского комплекса установлены Ишинская и Майско-Лебедская золоторудные зоны с прогнозными ресурсами золота до 20 и 40 т соответственно. Кроме того, обнаружено несколько объектов с эпitherмальным золото-серебряным оруденением с содержанием Au до 8,4 г/т, Ag до 436 г/т, среди которых заметно выделяется Чуринское рудопроявление. Общий металлогенический потенциал золота в этом рудном узле, по данным А. И. Гусева [10], оценивается в 322 т.

Наиболее значимым является *Синюхинское месторождение*, расположенное в контактовой части кембрийской вулканогенно-осадочной толщии усть-семиинской свиты и нижнедевонского югалинского габбро-диорит-гранитного комплекса ($(421 \pm 5) - (399 \pm 2)$ млн лет), выделенного в пределах крупного Сараккошинского плутона [23]. На контакте югалинского массива и карбонатных пород развиваются волластонитовые, гранат-волластонитовые и в меньшей мере гранат-пироксеновые скарны с небольшими телами магнетитовых руд (рис. 2). Золотое оруденение локализуется в основном среди этих скарнов и тесно связано с развитием сульфидных минералов, среди которых преобладают борнит, халькозин, халькопирит, пирит, реже сфалерит, пирротин, кубанит [6, 25]. Общее содержание сульфидов не превышает первые проценты (5–10) и имеет крайне неравномерное распределение. В меньшей степени золото концентрируется в магнетитовых рудах и очень редко отмеча-

ется в бессульфидных породах – мраморах и дайках диорит-порфиров и гранит-порфиров. Золото образует в основном самородные выделения в виде мелких включений в сульфидах и трещинах скарновых минералов и имеет узкий диапазон вариаций пробности (911–964 ‰). Только в ассоциации с редкими образованиями теллуридов и селенидов пробность золота уменьшается до 860–870 ‰. Главные примеси в золоте – Ag (до 19 %), Cu (до 1,7 %). Содержание Hg не превышает 0,1 %. По условиям образования эти руды относятся к постскарновым гидротермальным с температурами отложения, не превышающими 350 °C [6, 16]. Резерв запасов золота месторождения составляет по кат. C_2 19,6 т, кат. P_1 46 т, $P_2 + P_3 - 50 - 70$ т [4].

Чойское месторождение, расположенное в 20 км восточнее Синюхинского рудного поля, локализуется в зоне контакта верхнекембрийских терригенно-карбонатных отложений ишпинской свиты и Чойского гранитного массива нижнедевонского возраста ($(416 \pm 4) - (398 \pm 7)$ млн лет), относимого к синюхинскому комплексу [13] (рис. 3). В зоне контакта образуются линейные зоны скарнов мощностью около 100 м, среди которых выделяются гранатовые, гранат-пироксеновые, гранат-волластонитовые и пироксен-эпидотовые минеральные разновидности. Золотое оруденение приурочено к линейным тектоническим зонам дробления, развивающимся по скарнам, гранитоидам и терригенно-карбонатным отложениям. Оно локализуется в кварцевых жилах и кварц-карбонат-хлоритовых прожилках, образуя низкотемпературные золото-теллуридные и золото-сульфидные выделения совместно с другими низкотемпературными теллуридами (тетрадимит $BiTe_2S$, жозеит Bi_4TeS_2 , хедлейит Bi_2Te) и сульфидами (висмутин Bi_2S_3) при крайне ограниченном развитии типичных минералов медно-скарновых месторождений – магнетита, пирита и халькопирита. Рудные минералы выделяются в виде рассеянной мелкой и тонкой вкрапленности, общее содержание не превышает первых процентов [6]. По химическому составу золото разделяется на две дискретные группы: средней пробности с диапазоном ва-

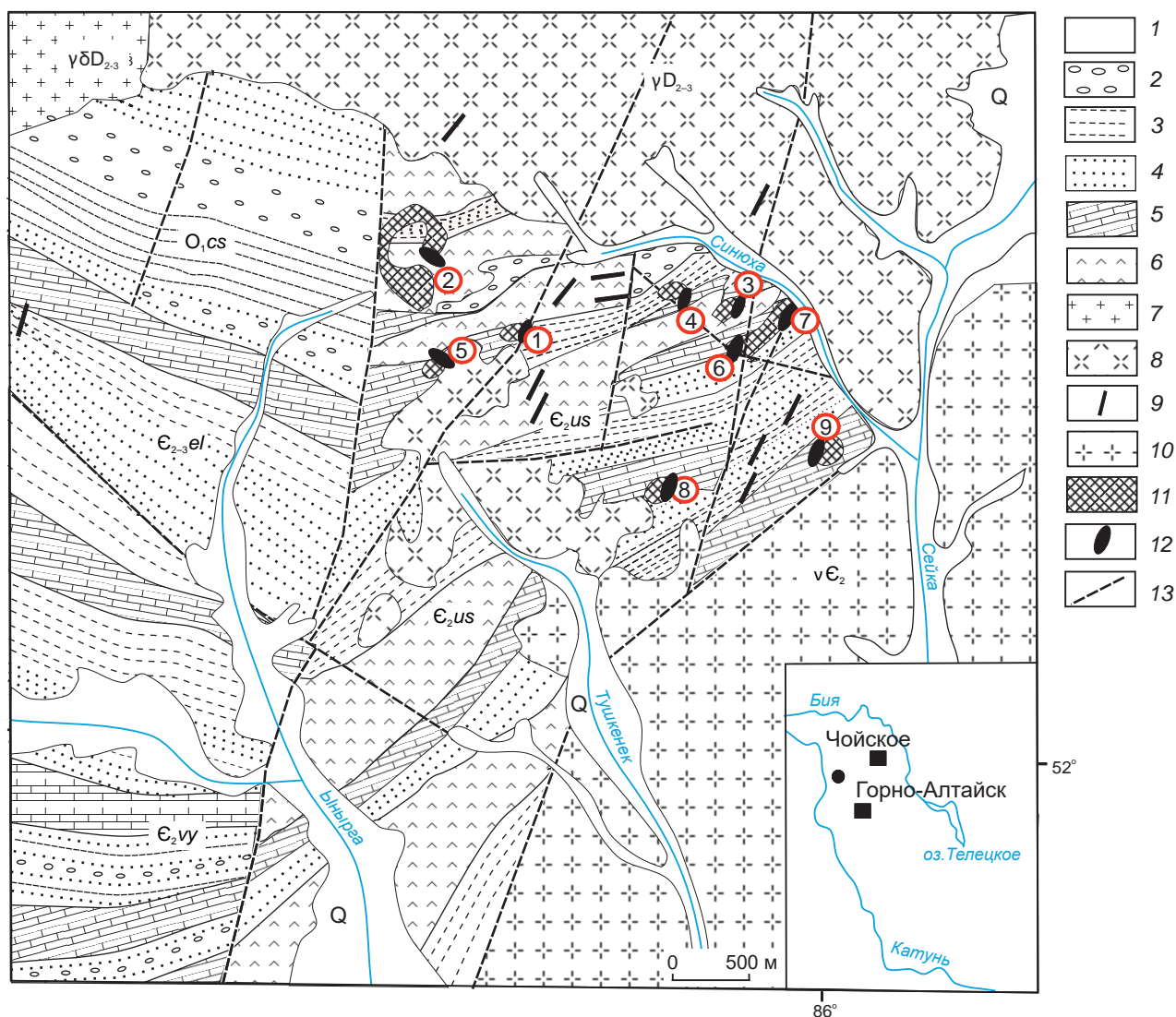


Рис. 2. Схема геологического строения Синюхинского месторождения, по [11] с добавлениями автора:

1 – рыхлые четвертичные отложения; породы чойской (O_{1cs}), еландинской (E_{2-3el}), усть-семиной (E_{2us}), верхнеыныргинской (E_{2vy}) свит: 2 – конгломераты, 3 – алевриты, 4 – песчаники, 5 – известняки, 6 – андезит-базальтовые порфириды; породы югалинского (синюхинского) комплекса: 7 – граниты и гранодиориты ранней фазы (γD_{2-3}), 8 – граниты поздней фазы (γD_{2-3}); 9 – дайки долеритов, габродолеритов; 10 – плагиограниты саракокшинского комплекса (vE_2); 11 – скарны; 12 – участки золоторудной минерализации (1 – Первый Рудный, 2 – Западный, 3 – Файфановский, 4 – Западно-Файфановский, 5 – Ыныргинский, 6 – Новый, 7 – Нижний, 8 – Тушкенекский, 9 – Горбуновский); 13 – тектонические нарушения

Fig. 2. Scheme of the geological structure of the Sinyukhinskoye deposit (compiled by [11] with additions by the author):

1 – loose Quaternary sediments; rocks of the Choyskaya (O_{1cs}), Elandinskaya (E_{2-3el}), Ust-Seminskaya (E_{2us}), Upper Eynyrnginskaya (E_{2vy}) formations: 2 – conglomerates, 3 – siltstones, 4 – sandstones, 5 – limestones, 6 – andesite-basaltic porphyrites; rocks of the Yugalinsky (Sinyukhinsky) complex: 7 – granites and granodiorites of the early phase (γD_{2-3}), 8 – late phase granites (γD_{2-3}); 9 – dikes of dolerites, gabbrodolerites; 10 – plagiogranites of the Sarakokshinsky complex (vE_2); 11 – skarns; 12 – areas of gold mineralization (1 – Perviy Rudny, 2 – Zapadny, 3 – Fayfanovsky, 4 – Zapadny Fayfanovsky, 5 – Ynyrginsky, 6 – Novy, 7 – Nizhny, 8 – Tushkeneksky, 9 – Gorbunovsky); 13 – tectonic disturbances

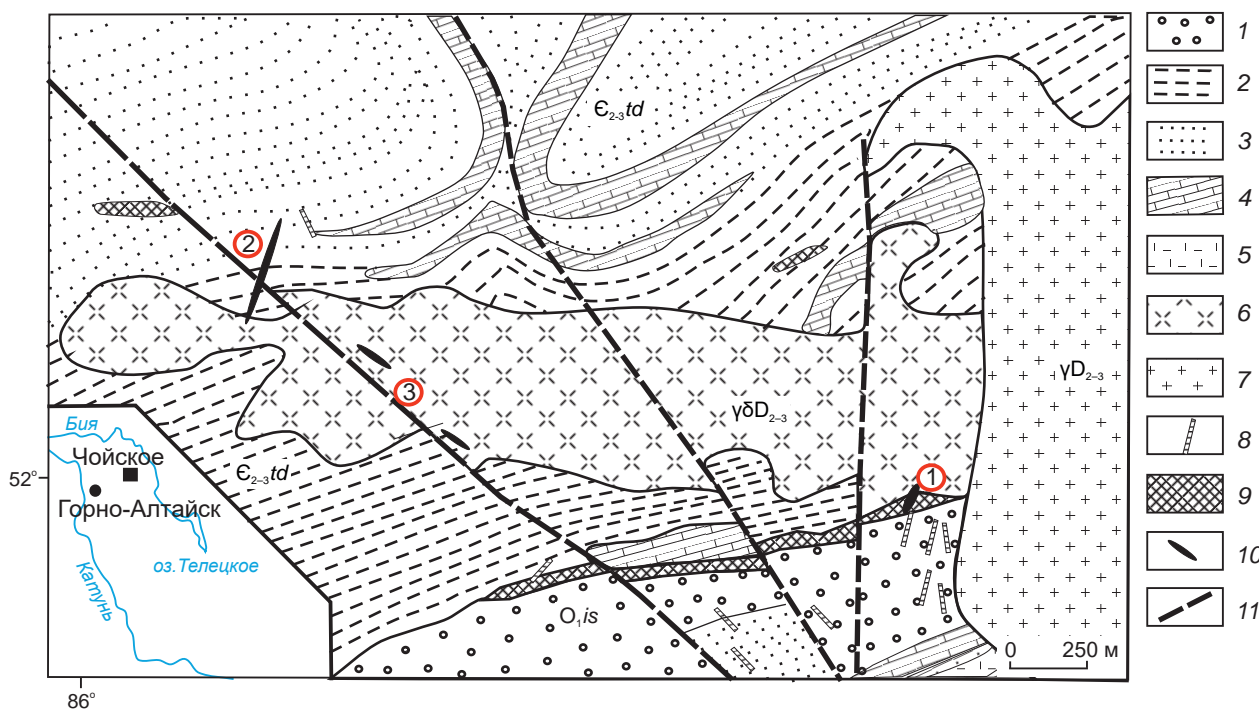


Рис. 3. Схема геологического строения Чойского месторождения, по [12] с добавлениями автора:

породы ишпинской (O_{1is}) и тандошинской (E_{2-3td}) свит: 1 – конгломераты, 2 – алевролиты, 3 – песчаники, 4 – известняки, 5 – туфы кислого состава; гранитоиды югалинского комплекса: 6 – граниты и гранодиориты ранней фазы ($\gamma\delta D_{2-3}$), 7 – лейкократовые граниты поздней фазы (γD_{2-3}), 8 – дайки гранит-порфиров, диоритов и лампрофиров ($\gamma\delta D_{2-3}$); 9 – скарны, 10 – проявления золоторудной минерализации (1 – Центральная скарновая залежь, 2 – Пихтовая, 3 – Смородиновая); 11 – тектонические нарушения

Fig. 3. Scheme of the geological structure of the Choyskoye field (by [12] with additions by the author):

rocks of the Ishpinskaya (O_{1is}) and Tandoshina (E_{2-3td}) formations: 1 – conglomerates, 2 – siltstones, 3 – sandstones, 4 – limestones, 5 – felsic tuffs; granitoids of the Yugalinsky complex: 6 – granites and granodiorites of the early phase ($\gamma\delta D_{2-3}$), 7 – leucocratic granites of the late phase (γD_{2-3}), 8 – dikes of granite-porphyrates, diorites and lamprophyres ($\gamma\delta D_{2-3}$); 9 – skarns, 10 – manifestations of gold mineralization (1 – Central skarn deposit, 2 – Pikhtovaya, 3 – Smorodinovaya); 11 – tectonic disturbances

риации от 843 до 880 ‰ и более высокопробное (940–959 ‰), обогащённое, вероятно, в экзогенных условиях. Из элементов-примесей в нём установлены серебро от 3 до 12,5 вес. ‰, ртуть от 0 до 0,48 вес. ‰ и следы меди.

Кульбическое рудопоявление, также входящее в состав Синюхинского рудного узла, относится к золотосодержащему медно-молибден-порфировому типу, связанному с субвулканическими гранит-порфирами ранне-среднедевонского возраста (396 млн лет), развитыми в приконтактовой области крупного Саракштинского габбро-диорит-плагиигранитного

плутона [23]. Оруденение локализуется в окварцованных и калишпатизированных гранит-порфирах и в кварц-сульфидном штокверке, который протягивается в северо-западном направлении на 2–3 км при ширине до 400 м. Оно представлено кварцевыми, кварцево-кальцитовыми и кварц-баритовыми жилками мощностью до 1–5 см с гнездами и вкрапленностью молибденита, халькопирита, магнетита и гематита. Штуфное опробование выходящих на поверхность минерализованных зон, выполненное сотрудниками ЦНИГРИ [18], показало повышенные содержания Cu (0,4–2,4 ‰)



и Au (0,2–1,2 г/т) в половине проб. При этом содержания молибдена варьируют от 0,001 до 0,4 % независимо от содержаний меди и золота. Выявление в Синюхинском рудном узле золото-медно-порфирикового оруденения вместе с золото-медными скарновыми месторождениями может свидетельствовать о присутствии здесь крупных месторождений этого типа, о чём говорят данные их совместного развития во многих регионах мира [24].

На северо-востоке Уйменско-Лебедской зоны на границе с Горной Шорией выделено Майско-Лебедское золоторудное поле с проявлением коренного золотого оруденения двух типов: контактово-метасоматического золото-магнетит-сульфидного в апоскарновых пропилитах, связанного с Майским гранодиоритовым интрузивным массивом E_3-O_1 возраста, и золото-сульфидно-кварцевое в березитах, наложенных на линейные зоны пропицитов, пространственно ассоциирующих с девонскими дайками [22]. Наиболее значимо Майское золото-магнетитовое месторождение в скарнах, относящееся к первому типу. Также выявлены рудопроявления различных типов, которые можно рассматривать в качестве признаков при поисках промышленных концентраций рудного золота. По данным [10], прогнозные ресурсы эндогенного золота рудного поля 40 т.

Чарышско-Инская структурно-формационная зона расположена на западе Горного Алтая на границе с Рудным Алтаем, административно находится на территории Алтайского края. В её строении наиболее полно представлен нижнепалеозойский разрез, изменяющийся от существенно терригенных отложений в кембрии до сланцево-известковых в верхнем силуре, несогласно перекрытых слабодислоцированными эффузивно-осадочными толщами среднего девона. Интрузивный магматизм проявлен локально в отдельных геологических блоках (Курьинский и Новофирсовский трюги), в основном герцинского возраста. По данным Н. Н. Крук [17], здесь выделяют гранит-лейкогранитные интрузии майорского (381 ± 4 млн лет), боровлянского (375 ± 1 млн лет) комплексов, габбро-диорит-тоналит-гранодиоритовые интрузии усть-беловского ком-

плекса ($(364-374) \pm 3$ млн лет), монцогаббро и монцодиориты харловского комплекса ($330-334$ млн лет, S_1). Эндогенная металлогения золота здесь проявлена локально и связана в основном с девонским магматизмом. В пределах этой зоны золоторудные месторождения и рудопроявления образуют три рудных узла: Новофирсовский, Мурзинский и Башчелакский, а на её восточном окончании выделены Топольнинское золоторудное поле и серия золото-ртутных проявлений, связанных с Сарасинской зоной разломов [13].

Новофирсовский рудный узел (рис. 4) расположен на западе Чарышско-Инской структурно-формационной зоны в Курьинском административном районе Алтайского края. Он приурочен к Новофирсовско-Акимовской вулканотектонической структуре, в строении которой участвуют терригенно-карбонатные отложения эмса, осадочно-вулканогенные образования среднего девона, выделяемые в кукуйскую свиту (D_2kk), и субвулканические интрузии риодацитов кукуйского комплекса. Также широкое распространение имеют силлы, локкалиты и дайки субвулканических андезитов и диорит-порфиритов, реже кварцевых диорит-порфиритов и андезибазальтов, формирование которых, по данным U-Pb анализа цирконов (SHRIMP-II), имеет верхнедевонский возраст ($382 \pm 3,5$)–($372,7 \pm 3,7$) млн лет [15]. Интрузивный магматизм здесь представлен габбро-диорит-тоналит-гранодиоритовой ассоциацией усть-беловского комплекса ($(364-374) \pm 3$ млн лет) [17] и небольшими телами гранит-порфиров змеиногорского комплекса, развитыми вблизи северо-восточной зоны смятия [21]. Золотое оруденение рудного узла локализуется в метасоматизированных вулканических и вулканогенно-осадочных породах кукуйского комплекса и образует два обособленных рудных поля – Новофирсовское золоторудное и Курьинское золото-серебряное.

Новофирсовское золоторудное поле занимает площадь $21 \times 14,5$ км и включает одноимённое месторождение и ряд рудопроявлений (Каменный колодец, Вострухинская площадь, Игнашихинское, горы Верблюжей). Рудное по-

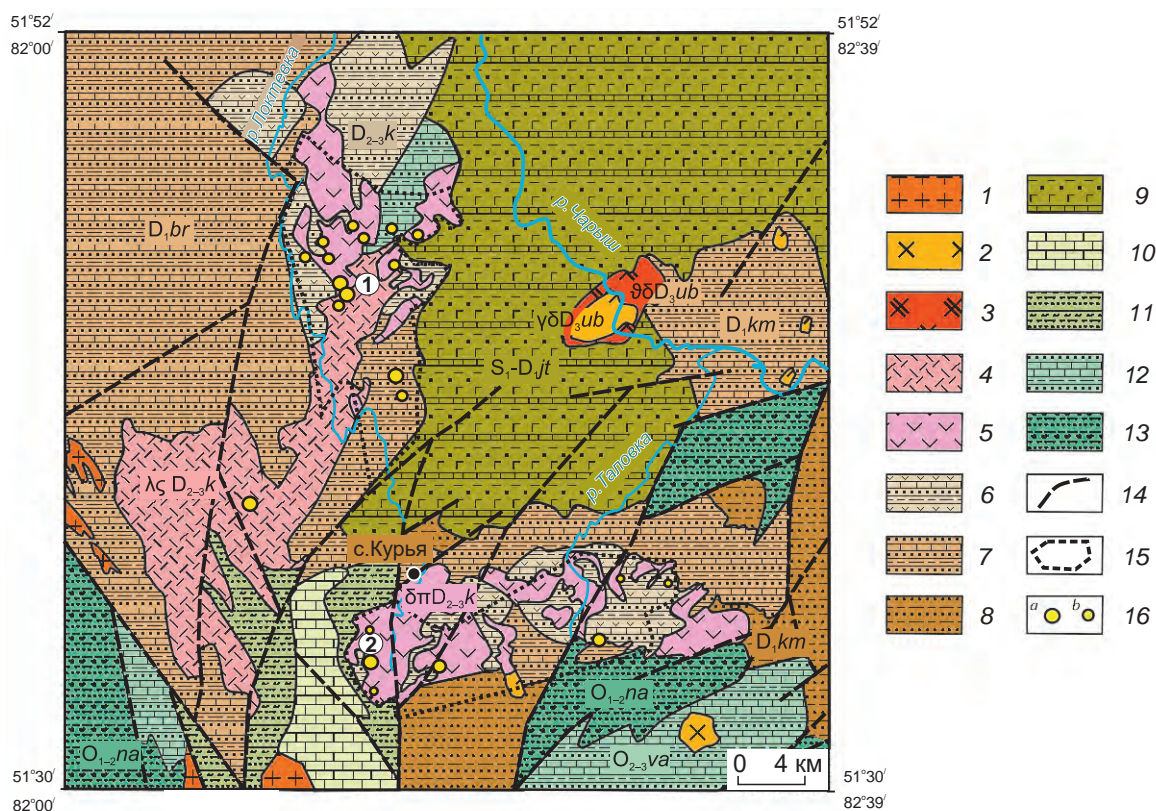


Рис. 4. Геологическое строение Новофирсовского рудного узла, по [13]:

1 – гранит-порфиры змеиногорского комплекса ($\gamma\pi D_3z$); интрузивные образования усть-беловского комплекса: 2 – гранодиориты ($\gamma\delta D_3ub$), 3 – кварцевые диориты ($\theta\delta D_3ub$); субвулканические образования куяганского вулканического комплекса ($\lambda\zeta D_{2-3}k$): 4 – риодациты, дациты, риолиты, 5 – андезитовые порфиры и кварцевые диорит-порфиры; 6 – куяганская свита ($D_{2-3}k$): пестроцветные туфопесчаники, туфогравелиты, песчаники, алевролиты, потоки андезитов и дацитов, туфы кислого и среднего составов, тейфроиды и туффиты; 7 – барагашская свита (D_1br): песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки; 8 – камышенская свита (D_1km): песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, гравелиты, известняки; 9 – кремнисто-терригенная толща (S_1-D_1): филлиты, алевролиты, песчаники, лиловые яшмоиды, редко метабазалты, песчаники, известняки; 10 – чагырская свита (S_1cg): известняки массивные рифогенные; 11 – громотухинская серия (S_1gr): глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, известняки; 12 – верхнеануйская серия ($O_{1-2}na_2$): известняки, алевролиты, песчаники известковистые; 13 – нижнеануйская серия ($O_{1-2}na_1$): алевролиты, песчаники, конгломераты; 14 – разрывные нарушения; 15 – золоторудные поля: 1 – Новофирсовское, 2 – Курьинское; 16 – золоторудные месторождения (a) и рудопроявления (b)

Fig. 4. Geological structure of the Novofirsovo ore cluster, by [13]:

1 – granite porphyries of the Zmeinogorsk complex ($\gamma\pi D_3z$); intrusive formations of the Ust-Belovsky complex: 2 – granodiorites ($\gamma\delta D_3ub$), 3 – quartz diorites ($\theta\delta D_3ub$); subvolcanic formations of the Kuyagan volcanic complex ($\lambda\zeta D_{2-3}k$): 4 – rhyodacites, dacites, rhyolites, 5 – andesitic porphyrites and quartz diorite-porphyrites; 6 – Kuyagan formation ($D_{2-3}k$): variegated tuff sandstones, tuff gravels, sandstones, siltstones, flows of andesites and dacites, tuffs of felsic and intermediate composition, tephroids and tuffites; 7 – Baragash formation (D_1br): sandstones, siltstones, mudstones, limestones; 8 – Kamyshenskaya formation (D_1km): sandstones, siltstones, mudstones, conglomerates, gravestones, limestones; 9 – siliceous-terrigenous sequence (S_1-D_1): phyllites, siltstones, sandstones, purple jasperoids, rarely metabasalts, sandstones, limestones; 10 – Chagyr formation (S_1cg): massive reef limestones; 11 – Gromotukha series (S_1gr): shales, siltstones, sandstones, limestones; 12 – Upper Anui series ($O_{1-2}na_2$): limestones, siltstones, calcareous sandstones; 13 – Lower Anui series ($O_{1-2}na_1$): siltstones, sandstones, conglomerates; 14 – discontinuities; 15 – gold ore fields: 1 – Novofirsovskoe, 2 – Kurinskoe; 16 – gold deposits (a) and ore occurrences (b)



ле приурочено к центральной части Новофирсовской синклинали, сложенной в нижних частях разреза осадочными отложениями нижнего девона, перекрытых вулканогенно-осадочными породами кукуйской толщи (D_2kk).

Главный объект рудного поля – Новофирсовское золоторудное месторождение, расположенное в 2,5 км от с. Новофирсово. На месторождении установлено несколько зон гидротермально-изменённых пород, представленных кварцитами, аргиллизированными песчаниками, алевролитами и эффузивами, содержащими золото (до 22,5 г/т). Породы часто изменены гипергенными процессами и представляют собой коры выветривания каолинит-гидрослюдистого типа. На месторождении выделены два участка с промышленными содержаниями рудного золота – Сурич 1 и Сурич 2 [13]. Оруденение участка Сурич 1 образует две субмеридиональные зоны в вулканогенно-осадочных породах кукуйской свиты, которые представлены раздробленными и интенсивно аргиллизированными вулканитами с прожилками халцедоновидного кварца и гнёздами барит-кварцевого, кварц-адулярового состава с сульфидами. Мощность зон от 10 до 18 м, протяжённость по простиранию более 200 м. Рудная минерализация представлена тонкой рассеянной вкрапленностью пирита, галенита, сфалерита, халькопирита, реже валлериита, кубанита, герсдорфита, кобальтина, аргентита и самородного золота. Содержания золота варьируют от 0,1 до 107 г/т (среднее 3,39 г/т), серебра от 3 до 150 г/т. Золото образует тонкие низкопробные (662–812 ‰) выделения. При гипергенном изменении пробность золотин возрастает до 1000 ‰. Среднее отношение в рудах $Au : Ag = 1 : 1$. Прогнозные ресурсы кат. P_1 составляют: Au 3,56 т, Ag 4,6 т [13].

В 400 м к югу от этого участка находится участок Сурич 2. Он сложен риодацитами и риолитами жерлово-экструзивной фации куюганской свиты. Рудная минерализация представлена преимущественно пиритом (до 3–5 %), реже галенитом, сфалеритом и халькопиритом в виде неравномерной вкрапленности в риолитах и кварцевых прожилках. Золото связано с пиритом и кварцем, в которых образует

мелкие включения размером в сотые, редко десятые доли миллиметра. Содержание Au изменяется от 0,51 до 12,13 г/т, а Ag не превышает первых г/т. Прогнозные ресурсы этого участка по кат. P_1 составляют: Au 4,39 т, Ag 5,68 т; по кат. P_2 : Au 16,97 т, Ag 21,92 т.

По указанным выше рудопроявлениям рудного узла пока имеется ограниченная информация. Рудопроявление Каменный Колодец, расположенное в 8 км к западу от с. Курья в кварц-серицитовых и кварц-калишпат-серицитовых метасоматитах, образовавшихся по вулканическому и вулканокластическому породам кислого состава кукуйского комплекса, характеризуется содержанием золота от 0,52 до 3,6 г/т. По подсчётам ресурсы золота до глубины 100 м со средним содержанием Au 1,1 г/т составляют 0,58 т.

На рудопроявлении Вострухинская площадь, примыкающем с востока к Новофирсовскому золоторудному месторождению, выявлены лишь пункты золотой минерализации и вторичные ореолы рассеяния золота, серебра и мышьяка [21]. Прогнозные ресурсы Au кат. P_3 в пределах этой площади, по данным ЦНИГРИ, составляют 13 т. На Игнашихинском рудопроявлении (район г. Игнашиха), выявленном в отложениях засурьинской свиты (E_3-O_1zs), прорванных диорит-порфиридами и дацитами кукуйского комплекса, содержания Au составляют 0,71–3 г/т, а прогнозные ресурсы кат. P_2 оцениваются по Au – 1,25 т, Ag – 1,61 т.

На рудопроявление г. Верблюжья, расположенном в 5 км к юго-востоку от проявления Сурич 2 в отложениях камышенской свиты (D_1km), прорванных телами субщелочных риолитов куюганского комплекса, выявлены шесть пунктов минерализации с содержанием Au от 0,65 до 1,6 г/т. Прогнозные ресурсы кат. P_2 составляют: Au 4,56 т, Ag 5,89 т.

Общие ресурсы рудного поля кат. $P_1 + P_2$ оцениваются: Au 60,8 т, Ag 78,7 т. Из них 5,2 т составляют разведанные запасы Новофирсовского месторождения. Руды комплексные, относятся к эпitherмальной золото-серебряной формации, наряду с Au и Ag содержат (%): Cu до 0,41, Pb 0,27–5,75, Zn 0,33–6,58 [4].



Курьинское золото-серебряное рудное поле шириной 6–7 км протягивается в субширотном направлении от с. Курья до дер. Акимовка на 24 км и охватывает ядерную часть Курьинско-Акимовской синклинали. В её геологическом строении принимают участие карбонатно-терригенные отложения нижнего девона (барагашская свита), стратифицированные вулканогенно-осадочные и субвулканические образования, объединённые в кукуйский комплекс среднего девона. В пределах рудного поля в 2,5 км к юго-востоку от с. Курья расположено Курьинское рудопроявление, участок которого сложен преимущественно субвулканическими породами среднего состава кукуйского комплекса с подчинённым развитием осадочных и вулканогенно-осадочных пород. Среди этих пород выделяется зона гидротермально-метасоматических изменений (серицитизация, карбонатизация, хлоритизация, окварцевание) шириной до 1,1 км, вытянутая в северо-восточном направлении более чем на 2 км. В метасоматитах отмечаются вкрапленность пирита до 3–5 % и кварцевые жилы с содержанием золота от 0,55 до 5,52 г/т. Золото и серебро представлены как самородными выделениями, так и теллуридами. Оценка ЦНИГРИ прогнозных ресурсов рудопроявления по кат. P_1 составляет по Au 10,1 т, Ag 4,7 т. Сходная ситуация и на рудопроявлении Придорожное, расположенном в 2 км к юго-западу от с. Курья. Здесь также развита золоторудная минерализация в гидротермально-метасоматических породах и кварцевых жилах с содержаниями Au 0,6–3,42 г/т, Ag 0,43–6,3 г/т. Прогнозные ресурсы кат. P_2 составляют по Au 0,22 т, Ag 0,21 т. На рудопроявлении г. Толстуха (в 8 км к востоку от Курьинского проявления), также установлена золото-серебряная минерализация. Геологическое строение проявления представлено отложениями верхнего горизонта нижней пачки кукуйской свиты (туфоалевролиты, туфопесчаники), прорванными диорит-порфиритами кукуйского комплекса. Все породы подвергнуты серицитизации, аргиллизации и окварцеванию, а также неравномерно пиритизированы (от 1 до 10 %). Рудная минерализация связана с прожилками и

гнёздами кварца и характеризуется чрезвычайной неравномерностью. В целом содержания Au не превышают первых граммов, а Ag – первых десятков граммов. Суммарные прогнозные ресурсы для Курьинского рудного поля по кат. $P_3 + P_2$ составляют по Au 77,5 т, Ag 7,6 т при отношении Au : Ag = 10 : 1. Для всего Новофирсовского рудного узла прогнозные ресурсы кат. $P_3 + P_2 + P_1$ достигают по Au – 178,2 т, Ag – 123,6 т.

Приведённая характеристика золоторудных объектов в пределах Новофирсовского рудного узла показывает компактное распределение золоторудных проявлений в пределах выделенных двух рудных полей – Новофирсовского и Курьинского. Наибольший интерес представляют объекты с эпитермальным золото-серебряным оруденением в вулканогенных толщах девона, среди которых выделяются Новофирсовское месторождение и рудопроявление Курьинское. Рудные тела этих проявлений залегают среди вулканогенно-осадочных пород кукуйской свиты и субвулканических образований кукуйского комплекса. Оруденение контролируется зонами кварц-хлорит-серицит-карбонатных метасоматитов с кварцевыми жилами, гнёздами халцедоновидного кварца и вкрапленностью сульфидов. Дальнейшей оценки требуют рудопроявления г. Верблюжья, Игнашихинское, Вострухинская площадь и г. Толстуха.

Мурзинский золоторудный узел расположен юго-восточнее Новофирсовского узла и административно входит в состав Краснощёковского района Алтайского края. Он включает Мурзинское золоторудное поле и ряд разрозненных рудопроявлений – Малосуеткинское, Суеткинское, Верхнеталовское, Усть-Беловское и др. (см. рис. 1). Мурзинское рудное поле площадью 42 км² объединяет Мурзинское месторождение и рудопроявления Мурзинское 2, Мурзинское 3 (рис. 5). Оно структурно приурочено к восточному замыканию Курьинско-Акимовской синклинали. В его строении принимают участие терригенно-карбонатные отложения нижнедевонской барагашской (D_1br) свиты, залегающие на пестроцветных терригенных образованиях позднего силура (черно-

ануйская свита). Интрузивные образования в пределах Мурзинского рудного поля представлены гранитоидами Мурзинского штока (г. Мурзинка) и небольшими интрузиями гранодиоритов, относящихся к усть-беловскому комплексу с возрастом 364 ± 8 млн лет [23]. Наиболее поздними образованиями рудного поля являются дайки долеритов и базальтов, трассирующие разломы субширотной и северо-восточной ориентировки. В зонах контактов интрузивных тел широко развиты контактово-метасоматические образования (скарны, эпидозиты, роговики). Золотое оруденение рудного поля представлено эндогенной минерализацией золотокварцевого и медно-скарнового типов и развитыми по ним золотоносными корами выветривания.

Мурзинское месторождение пространственно связано с контактовой частью небольшого штокообразного тела гранодиоритов, относящегося к усть-беловскому габбро-диорит-гранитному комплексу. В зоне экзоконтакта массива по известковистым песчаникам мурзинской свиты ($D_{1-2}mr$) развиваются известковые скарны, сложенные гранатом, пироксеном, волластонитом и магнетитом. Локально отмечаются апоскарновые метасоматические породы, состоящие из кварца, эпидота, кальцита, хлорита, актинолита, реже турмалина, апатита, родонита. Золоторудная минерализация Мурзинского месторождения представлена двумя типами: золотосульфидным, пространственно связанным со скарново-магнетитовыми образованиями, и золоторудным, локализующимся в минерализованной зоне дробления шириной 300–400 м, протягивающейся в северо-северо-западном направлении более чем на 3 км [6, 9]. Золотосульфидная минерализация, ассоциирующая со скарново-магнетитовыми телами, распространена ограничено и образует прожилково-вкрапленные кварц-сульфидные выделения с неравномерным распределением. Она связана с постскарновым гидротермальным-метасоматическим процессом, сопровождаемым формированием низко-, среднетемпературных метасоматитов (хлорит, актинолит, эпидот) и сульфидов (халькопирит, пирит, борнит, сфалерит). Температуры образования

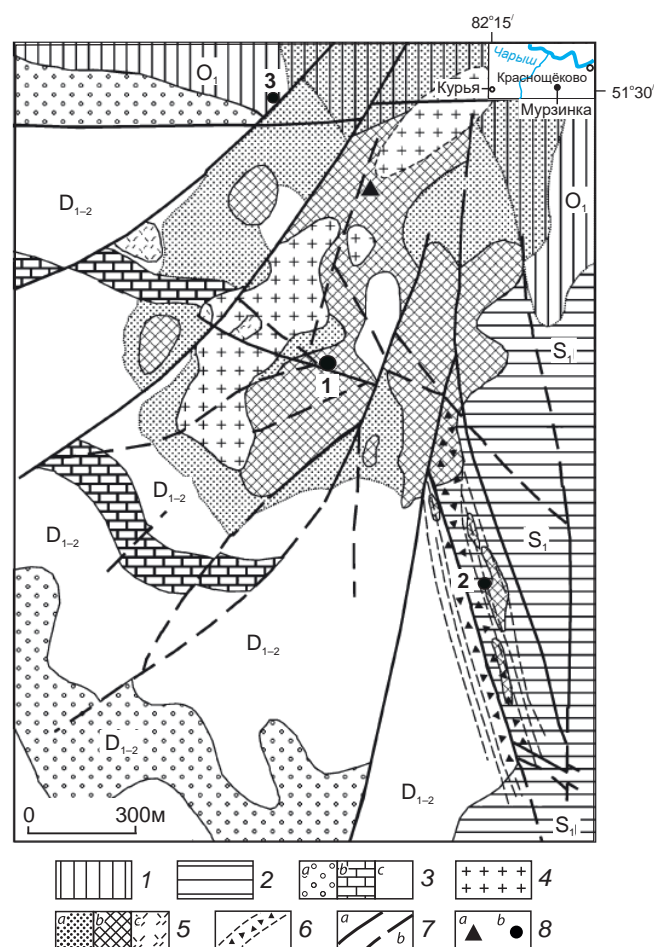


Рис. 5. Схема геологического строения Мурзинского рудного поля:

1 – слюисто-кремнистые сланцы (O_1); 2 – песчаники, алевролиты, алевропелиты (S_1); 3 – терригенно-карбонатные отложения (D_{1-2}): а – конгломераты, б – известняки, с – песчаники; 4 – гранодиориты усть-беловского комплекса (D_3); 5 – изменённые породы и метасоматиты: а – роговики, б – скарны, с – кварц-турмалиновые метасоматиты; 6 – минерализованные зоны дробления; 7 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 8 – рудные проявления: а – Fe (Надеждинское); б – Au (1 – Мурзинское месторождение, 2 – Мурзинка 2, 3 – Мурзинка 3)

Fig. 5. Scheme of the geological structure of the Murzinka ore field:

1 – mica-siliceous shales (O_1); 2 – sandstones and siltstones (S_1); 3 – terrigenous-carbonate deposits (D_{1-2}): a – conglomerates, b – limestones, c – sandstones; 4 – granodiorites of the Ust-Belovsky complex (D_3); 5 – altered red rocks and metasomatites: a – hornfels, b – skarns, c – quartz-tourmaline metasomatites; 6 – mineralized crushing zones; 7 – discontinuities: a – established, b – suspected; 8 – ore occurrences: a – Nadezhdinskoe (Fe); b – gold ore (1 – Murzinskoe deposit, 2 – Murzinka 2 ore occurrence, 3 – Murzinka 3 ore occurrence)



этой ассоциации составляют 250–320 °С. Золото в этих рудах образует мелкие и тонкие (0,5–0,01 мм) самородные выделения преимущественно высокой пробности (840–994 ‰).

Золотое оруденение зоны дробления представляет основной промышленный интерес. Оно сложено кварц-карбонатно-сульфидными прожилками и жилами в гидротермально-метасоматических породах кварц-хлорит-карбонатного состава с каолинитом, гидрослюдой и адуляром (аргиллизитовая формация), наложенных на скарны, роговики и вмещающие породы. Мощность кварцевых жил колеблется от 0,1 до 2 м (в среднем 0,4 м). В составе руд наряду с халькопиритом, пиритом, борнитом, сфалеритом и галенитом широко развиты низкотемпературные минералы: киноварь (HgS), метациннабарит (Hg₂S), висмутин (Bi₂S₂), айкинит (CuPbBiS₃), эмплектит (CuBiS₂), науманнит (Ag₂Se) и др. Содержание золота в рудах чрезвычайно неравномерное и колеблется от 0,1 до 232 г/т. Оно выделяется в виде тонких и мелких (< 0,1 мм) самородных образований в ассоциации с низкотемпературными сульфидными и селенидами. Температуры рудообразования не превышают 215 °С, что, вероятно, определяет невысокую пробность золота (640–840 ‰). Отмеченные особенности оруденения, а также наличие в этих рудах минералов Hg (киноварь, метациннабарит, Hg-сфалерит) и повышенных содержаний As, Sb и Tl – типовых элементов многих золото-ртутных месторождений – дают основание определить этот тип оруденения как эпitherмальный золото-ртутный.

На месторождении также широко развита кора выветривания, характеризующаяся проявлением гипергенных минералов меди – малахита, хризоколлы, азурита, халькозина, ковелина и высокопробного золота. Запасы золота Мурзинского месторождения на госбалансе: кат. C₁ + C₂ – 4496 кг, забалансовые – 533 кг, прогнозные ресурсы – 10 т.

На западном склоне г. Мурзинка в 300 м от вершины расположено рудопроявление Мурзинское 2, представленное кварцевыми жилами мощностью до 0,5 м, пересекающими скарны и эпидозиты. Жилы сложены серым кварцем с вкрапленностью сульфидов – пи-

рита, халькопирита, галенита и сфалерита. В жилах содержится: Au от следов до 232 г/т, Ag 4,3–39,2 г/т, Cu 1,8–2,8 %, Zn 0,07–0,42 %, Pb 0,01–0,06 %. Пробность золота варьирует в пределах 634–959 ‰. Прогнозные ресурсы Au кат. P₁ 15 т.

Севернее дер. Мурзинки находится рудопроявление Мурзинское 3, где скважиной на глубине 93,7–96,9 м вскрыты первичные сульфидные руды среди вторичных кварцитов и песчаников. Руды сложены пиритом с редкими включениями халькопирита, халькозина, галенита и сфалерита. Повышенные содержания золота установлены лишь в «железной шляпе», развитой по сульфидному оруденению. Она имеет площадь 0,1 км² и сложена гематитом, смитсонитом, ярозитом, купритом. Из нерудных присутствуют опал, халцедон, хлорит и серицит, эпидот, кальцит. Содержания Au составляют 1,6–10,5 г/т, Ag до 56 г/т, Pb 0,1–0,24 %, Zn 0,5–1,59 %.

Запасы и прогнозные ресурсы рудного золота по Мурзинскому рудному полю, по общей оценке ООО «Поиск», приведённой в работе [13], составляют: кат. C₁ + C₂ – 914 кг, кат. P₁ – 10 т, кат. P₂ – 26 т.

В пределах Мурзинского рудного узла вне контура одноимённого рудного поля установлены также небольшие золоторудные проявления и зоны минерализации, которые объединены в Чагырское рудное поле. Наибольший интерес среди них представляют Усть-Беловские, Суеткинские и Чагырские золото-серебряно-полиметаллические проявления.

Усть-Беловские проявления развиты в эндо- и экзоконтактных частях Усть-Беловского массива и приурочены к зонам дробления. Они имеют сложный минеральный состав, включая медно-молибденовую, висмут-золото-серебряную и медно-золото-серебряную минерализацию, развитую в кварцевых жилах, кварцево-жилых зонах. Содержания Au в них не превышает десятые доли г/т, Ag изменяются в широких пределах от 1 до 334,7 г/т.

Суеткинские проявления связаны с зонами березитизации в Суеткинском гранитном массиве усть-беловского комплекса. В центральных частях этих зон развиты рудные тела жильной и линзообразной формы мощно-



стью до 4 м, содержащие золото-серебряное оруденение, и сульфиды – лимонитизированный пирит, халькопирит, куприт, борнит (до 20 % объёма). Содержание золота в березитизированных гранитах и березитах составляет 0,01–2 г/т, в лимонит-кварцевых прожилковых зонах от десятых долей до 21,3 г/т, серебра от 1,8 до 63 г/т.

Чагырские золото-серебряно-полиметаллические проявления, известные с древних времён, расположены на востоке Краснощёковского района среди известняков и скарнированных пород в контактовых зонах дайкообразных тел риолитов. Среди них выделяют Старо-Чагырское серебряно-золоторудное месторождение и Новочагырское золото-серебряно-полиметаллическое рудопроявление. Первое расположено вблизи села Усть-Чагырка. В его строении выделяются терригенно-карбонатные отложения чагырской свиты (S_1cg), прорванные дайками и субвулканическими телами среднего и кислого составов. Золото-серебро-полиметаллическое оруденение локализуется в лежащем боку даек диорит-порфиров и образует трубообразные рудные тела. Главные минералы руд – галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, арсенопирит, их окисленные аналоги. Содержание полезных компонентов в рудах (%): Cu до 3,19, Pb до 3,87, Zn до 5,7, Ag до 245 г/т, Au до 3 г/т. Новочагырское золото-серебро-полиметаллическое рудопроявление расположено в 1,5 км к северо-востоку от с. Усть-Чагырка в левом борту р. Чарыш и представлено брекчированными и окварцованными известняками чагырской свиты на контакте с дайкой диорит-порфиров. Рудное тело трубообразной формы (10 × 8 м) прослежено до глубины 218 м. В рудах отмечены галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, блёклые руды, самородное серебро, лимонит, церуссит, малахит, азурит, пиролюзит, ковеллин. Опробование показало повышенное содержание в них Au (до 0,6 г/т), Ag (до 500 г/т), также установлены (%): Cu, Pb, Zn > 1; Sb – 1, As – 0,15, Bi – 0,005, Co – 0,01, Sn – 0,01, Mo – 0,002, W – 0,0005.

Бащелакский золоторудный узел расположен восточнее Мурзинского узла в северо-западных отрогах Бащелакского хребта (см.

рис. 1). На его территории площадью 278 км² выделяются четыре золоторудных поля: Центральное, Потайнухинское, Куртачихинское и Светлинское. Коренные проявления золота этих рудных полей пространственно связаны с гранитоидами усть-беловского комплекса позднего девона и представлены преимущественно золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой рудными формациями. Прогнозные ресурсы кат. P₂ по указанным рудным полям составляют: Au 87,6 т, Ag 31,6 т. В качестве примера кратко рассмотрим строение двух наиболее перспективных рудных полей – Потайнухинского и Куртачихинского.

Потайнухинское рудное поле включает ряд небольших рудопроявлений, связанных с зонами березитизации жильного типа, локализованных в роговообманково-биотитовых гранодиоритах Верхне-Бащелакского массива. Наиболее значимым здесь является *Потайнухинское рудопроявление*, представленное зоной березитизации мощностью до 4 м и протяжённостью около 30 м. В ней фиксируются прожилки кварца размером до 5–10 см и неравномерная вкрапленность пирита, арсенопирита и галенита. Содержание сульфидов изменяется от 1 до 10 %. Золото содержится в кварце и пирите в виде включений неправильной формы размером до 0,15 мм. Содержания Au по данным пробирного анализа достигают до 21,6 г/т, Ag до 37 г/т. Пробность золотин составляет 900–950 %.

Куртачихинское рудное поле контролируется Сарасино-Инской зоной разлома и связано с гранодиоритами и аплитовидными гранитами усть-беловского комплекса. Все проявления приурочены к зонам березитизации и реже к скарнам и ороговикованным породам на контакте магматических образований, представлены преимущественно кварцевыми жилами с вкрапленностью сульфидов. Мощность кварцевых жил варьирует от 10–20 см до 1–1,5 м. Количество сульфидов (пирит, сфалерит, галенит) до 10 %, среди них преобладает пирит. Содержание золота в жилах колеблется от 1 до 15 г/т, оно тяготеет к сульфидам свинца и цинка, реже встречается в кварце без сульфидов. Пробность высокая, 920–940 %.



К северо-востоку от Башчелакского рудного узла на территории Солонешенского района вблизи с. Топольного выделено Топольнинское золоторудное поле площадью 96 км² [20]. В его геологическом строении около 60 % занимают стратифицированные известково-сланцевые толщи раннего силура (S₁) и породы раннего девона камышенской свиты, а оставшиеся 40 % – магматические образования куюганского риолит-дацит-андезитового комплекса (D₂) и топольнинской габбро-гранодиорит-гранитной ассоциации (D₂) (рис. 6). Куюганский комплекс проявлен ограниченно и представлен дайками, реже штоками дацитов, плагиориолитов и плагиориодацитов. На долю топольнинской ассоциации приходится основной объём магматических образований. Она слагает два интрузивных массива: северный (Топольнинский), сложенный гранодиоритами, и южный (Караминский), центральная часть которого выполнена гранитами и гранит-порфирами, а краевая – гранодиоритами [14]. Внедрение массивов сопровождалось интенсивным развитием дайкового магматизма кислого-среднего состава, неравномерно развитого по площади рудного поля. С контактовыми зонами гранитоидов и вмещающих пород, представленных скарнами и скарнированными породами, связаны золоторудные проявления и перспективные участки Топольнинского рудного поля (см. рис. 6). Скарны залегают преимущественно в экзоконтакте интрузивных пород, образуя субогласные и согласные с контактами тела, и имеют слабую золотоносность, но при наложении на них более поздних золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон их золотоносность резко возрастает. Золото здесь отличается широким диапазоном пробности (774–945 ‰), в качестве примесей в нём установлены Вi, Те и Нg. В пределах Топольнинского рудного поля выявлена серия золоторудных проявлений, локализованных в таких контактовых зонах, наиболее значимыми из которых являются месторождения Лог-26 и Баяниха. Также здесь развиты рудопроявления Сухая Грива, Чёртова Грива, Чёртова Яма, Кемровское, Пропаций Лог [20] (см. рис. 6). В качестве примера рас-

смотрим геологическое строение наиболее важных золотых месторождений и рудопроявлений.

Месторождение Баяниха выявлено в области северо-западного контакта Топольнинского массива гранитоидов и приурочено к тектонической зоне субмеридионального простирания. В строении этой зоны отмечаются роговики, мраморы, тела скарнов и скарноидов, а также дайки диоритового состава мощностью 1–10 м. Повышенные содержания золота связаны с маломощными кварцевыми и пирит-кварцевыми прожилками, развитыми в породах разного состава (скарны, изменённые алевролиты, граниты, диоритовые порфириты). Основное рудное тело мощностью до 21 м прослежено более чем на 200 м и характеризуется содержанием золота от 1 до 8,7 г/т (среднее 3,7 г/т). Общие запасы и ресурсы месторождения по кат. С₂–Р₁ оцениваются в 4,2 т.

Месторождение Лог-26 расположено в юго-восточной части рудного поля, в области западного контакта Караминского гранодиоритового массива. Участок месторождения сложен терригенно-карбонатными породами полатинской свиты (S_{1pl}), прорванными дайками пёстрого состава. Основное оруденение приурочено к гранатовым и пироксен-гранатовым скарнам и скарнированным породам, образующим линзо- и пластообразные тела мощностью до 47 м и протяжённостью более 500 м на контакте терригенно-карбонатной толщи и гранитного массива. Повышенные содержания золота установлены также в дайках, в роговиках и известковистых алевролитах. Содержания золота по отдельным пробам варьируют от десятых долей до 40,2 г/т (среднее 4 г/т). Мощность рудных тел изменяется от 1 до 22 м в раздувах. Общие запасы и ресурсы месторождения по кат. С₂–Р₁ оцениваются в 7 т.

Более ограниченно золоторудная минерализация проявлена на выявленных рудопроявлениях. *Рудопроявление Сухая Грива* расположено в скарнах северного контакта Топольнинского гранитного массива и терригенно-карбонатных пород камышенской свиты. Золоторудная минерализация с содержаниями Au от десятых долей до 3,6 г/т локализо-

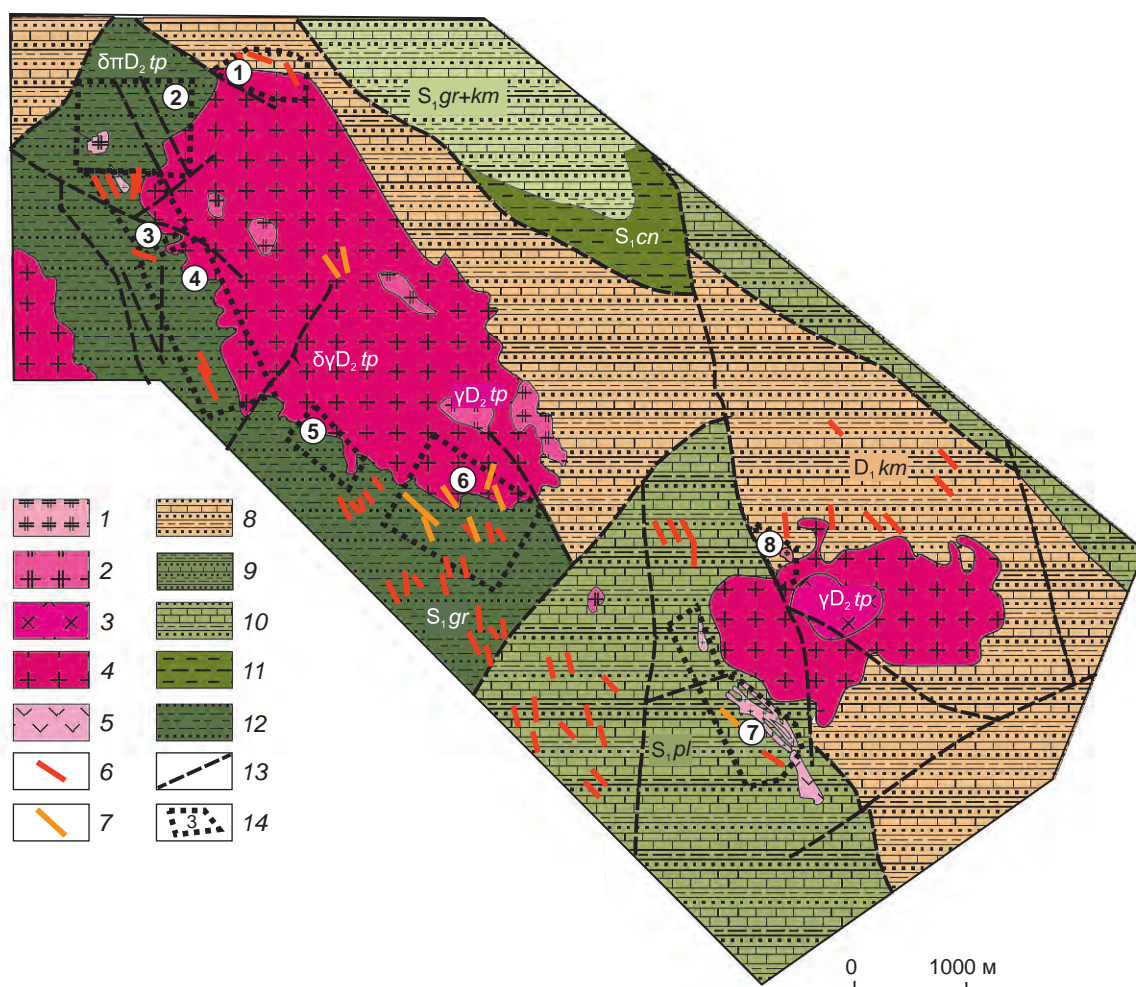


Рис. 6. Схема геологического строения Топольнинского рудного поля, по [20] с дополнениями автора:

1 – куйганский комплекс риолит-дацит-андезитовый ($\beta\pi D_2 kg$), штоки и дайки; топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит-гранитная ($D_2 tp$): 2 – четвёртая фаза (лейкограниты $\iota\gamma D_2 tp$), 3 – третья фаза (граниты, гранит-порфиры $\gamma D_2 tp$), 4 – вторая фаза (гранодиориты, меланограниты $\gamma\delta D_2 tp$), 5 – первая фаза (диорит-порфиры, кварцевые диориты $\gamma\delta\pi D_2 tp$); дайки: 6 – ранних фаз, 7 – поздних; 8 – алевролиты, песчаники, известняки камышенской свиты ($D_1 km$), 9 – хлорит-сланцевые сланцы, известняки, алевролиты, полимиктовые песчаники чагырской и куймовской свит (S_{1gr+km}); 10 – алевролиты, песчаники, известняки палатинской свиты (S_{1pl}); 11 – глинистые сланцы, алевролиты чинетинской свиты (S_{1cn}); 12 – нерасчленённые алевролиты, полимиктовые песчаники и известняки громотухинской серии (S_{1gr}); 13 – разрывные нарушения; 14 – участки золоторудных проявлений: 1 – Сухая Грива, 2 – Кемровский, 3 – Баяниха, 4 – Пропаший Лог, 5 – Чёртова Грива, 6 – Чёртова Яма, 7 – Лог-26, 8 – Рыбный Лог

Fig. 6. Scheme of the geological structure of the Topolninsky ore field according to [20] with additions by the author:

1 – Kuyagan rhyolite-dacite-andesite complex ($\beta\pi D_2 kg$), stocks and dykes; Topolninsk gabbro-granodiorite-granite association ($D_2 tp$): 2 – fourth phase (leucogranites $\iota\gamma D_2 tp$), 3 – third phase (granites, granite porphyries $\gamma D_2 tp$), 4 – second phase (granodiorites, melanogranites $\gamma\delta D_2 tp$), 5 – the first phase (diorite-porphyry, quartz diorites $\gamma\delta\pi D_2 tp$); dikes: 6 – early phases, 7 – late; 8 – siltstones, sandstones and limestones of the Kamyshensk formation ($D_1 km$), 9 – chlorite-mica shales, limestones, siltstones and polymictic sandstones of the Chagyr and Kuimov formations (S_{1gr+km}); 10 – siltstones, sandstones and limestones of the Palatine formation (S_{1pl}); 11 – clay shales, siltstones of the Chinetsinsky formation (S_{1cn}); 12 – undifferentiated siltstones, polymictic sandstones, limestones of the Gromotukhinsky series (S_{1gr}); 13 – faults; 14 – areas of gold ore manifestations: 1 – Sukhoy Log, 2 – Kemrovsky, 3 – Bayanikha, 4 – Propaschiy Log, 5 – Chyortova Griva, 6 – Chyortova Yama, 7 – Log-26, 8 – Ribniy Log



вана непосредственно в гранатовых и пироксен-гранатовых скарнах, образующих линзовидные и пластообразные тела мощностью от 2 до 30 м. Прогнозные ресурсы этого проявления по кат. P_1 составляют 2,3 т. *Рудопоявление Чёртова Яма* приурочено к юго-западному контакту Топольнинского массива и по геологической обстановке локализации сходно с проявлением Сухая Грива. Повышенные содержания золота (от 0,36 до 5,12 г/т) выявлены в скарнах в непосредственной близости от массива. Рудопоявление Чёртова Грива локализовано в юго-восточной области контакта Топольнинского массива с карбонатными отложениями громотухинской серии. Повышенные содержания золота от 0,3 до 3–4 г/т установлены в скарнах из восточной части участка. *Рудопоявление Рыбный Лог* расположено на северо-западном контакте Караминского массива и карбонатно-терригенных отложений камышенской свиты. Рудная минерализация приурочена к гранатовым, пироксен-гранатовым скарнам и постскарновым метасоматитам. Опробование показало слабую золотоносность этих пород с содержаниями Au по отдельным пробам до 1–1,4 г/т.

Проведённые исследования на Топольнинском рудном поле показывают, что перспективными на выявление золоторудных объектов являются зоны контактов гранитоидных массивов и терригенно-карбонатных пород, где отмечается развитие скарнов и зон линейных разрывов. Наиболее продуктивны области с пространственным совмещением золото-скарновой и наложенной золото-сульфидно-кварцевой минерализации в зонах развития пропилитов, березитов и карбонат-серицит-кварцевых метасоматитов [19]. Из выявленных рудных объектов эти признаки присутствуют на месторождениях Лог-26, Баяниха и Сухая Грива с апробированными ресурсами золота кат. P_1 в 7; 4,2 и 2,3 т соответственно, которые можно отнести к наиболее перспективным золотопромышленным типам. Прогнозные ресурсы Топольнинского рудного поля в целом по кат. P_2 оценены автором по аналогии с Синюхинским, близким по геологическим характеристикам, и составляют 10 т золота.

На северо-востоке от Топольнинского рудного поля выделяется серия золотосодержащих ртутных проявлений, размещение которых контролирует Сарасинская зона разломов субмеридионального простирания (Сарасинская ртутная зона) (рис. 7). В рудах выявленных ртутных месторождений этой зоны (Сухонькое, Новое, Ночной лог) отмечается тонкое, пылевидное золото. Оно присутствует в аргиллизированных порфиритах и песчаниках, окварцованных известняках и интенсивно пиритизированных брекчиях и кварцитах (силицитах). Среди этих проявлений наибольший интерес представляет месторождение Сухонькое. Оно сложено доломитизированными кембрийскими известняками сарасинской свиты, которые частично перекрыты по надвигу карбонатно-терригенными отложениями барагашской свиты девона и прорваны редкими дайками микрогаббро и базальтов онгудайского комплекса девонского возраста. Вертикальный размах ртутного оруденения достигает 600 м. Для руд характерны вкрапленная, прожилковая и штокверковая текстуры. Ртутная минерализация развита в ассоциации с кальцитом, кварцем, самородным золотом, реальгаром и аурипигментом. Золотое оруденение относится к типу карлин с содержанием золота от 0,2 до 34,5 г/т. Такой же тип оруденения выявлен на рудопоявлениях Новое, Ночной лог. Пробность золота варьирует в пределах 720–1000 ‰.

Установленные небольшие проявления золото-ртутного оруденения в Сарасинской ртутной зоне, совместных шлиховых ореолов киновари и ртутистого золота в россыпях, а также геологические признаки – интенсивное развитие различных типов низкотемпературных гидротермально изменённых пород (аргиллизация, окварцевание), благоприятная геолого-структурная позиция (крупные надвиги), литологическая обстановка (известняки, серпентиниты) – свидетельствуют о перспективах выявления здесь промышленных объектов золото-карбонатного и золото-лиственитового типа золото-ртутной формации.

Геология и металлогения золота российской части Рудного Алтая. Российская территория Рудного Алтая является северо-западной частью Рудноалтайского металлогене-



нического пояса, протягивающегося на 500 км в юго-восточном направлении через республику Казахстан в Китай. Северо-западная (российская) часть включает более 20 золото-содержащих колчеданно-полиметаллических месторождений и большое количество рудопроявлений [8]. Она характеризуется складчато-блоковым строением, которое определяется развитием структур северо-западного простирания (Иртышская и Северо-Восточная зоны смятия) и серией субширотных разломов (рис. 8). Рудовмещающий разрез региона сложен вулканогенно-осадочными породами средне-верхнедевонского возраста. Терригенно-осадочные отложения преимущественно алевро-песчаного состава, а вулканогенные породы относятся к контрастной базальт-риолитовой формации известково-щелочной магматической серии, в составе которой кислые разновидности резко преобладают над основными в соотношении 9 : 1. Образование этой формации коррелирует с развитием герцинской островодужной системы в возрастном диапазоне от эмса до франа включительно. С проявлением вулканизма базальт-риолитовой формации тесно связано развитие колчеданно-полиметаллического оруденения этого региона, которое локализуется на разных стратиграфических уровнях девонских вулканогенно-осадочных отложений и образует три обособленных рудных района – Змеиногорский, Золотушинский и Рубцовский. Оруденение представлено двумя минеральными типами – колчеданно-полиметаллическим и барит-полиметаллическим, которые резко различаются по соотношению основных полезных компонентов и содержанию золота и серебра [7].

Месторождения колчеданно-полиметаллического типа имеют простой минеральный состав руд, представленный в основном пиритом, сфалеритом, галенитом и халькопиритом. К этому типу относятся все месторождения в Золотушинском (Золотушинское, Новозолотушинское, Юбилейное) и Рубцовском (Таловское, Степное, Рубцовское, Захаровское) районах и большинство месторождений Змеиногорского района – Корбалихинское, Лазурское, Семёновское, Среднее, Майское. Рудные

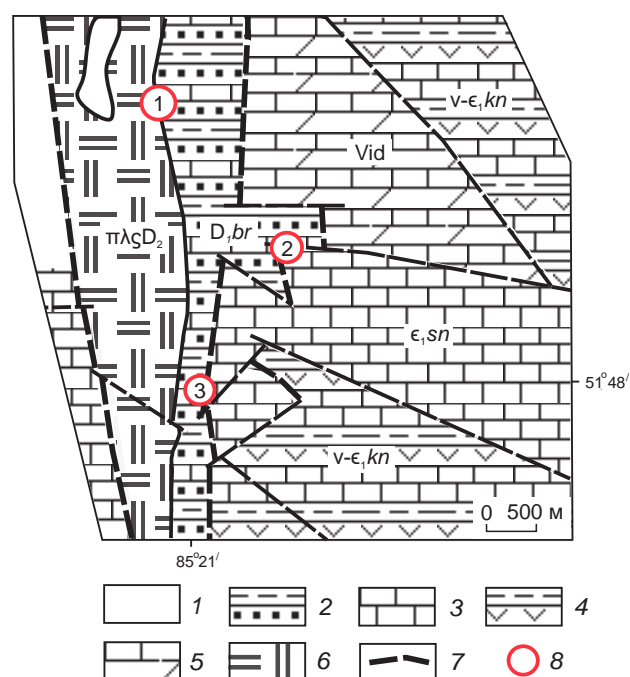
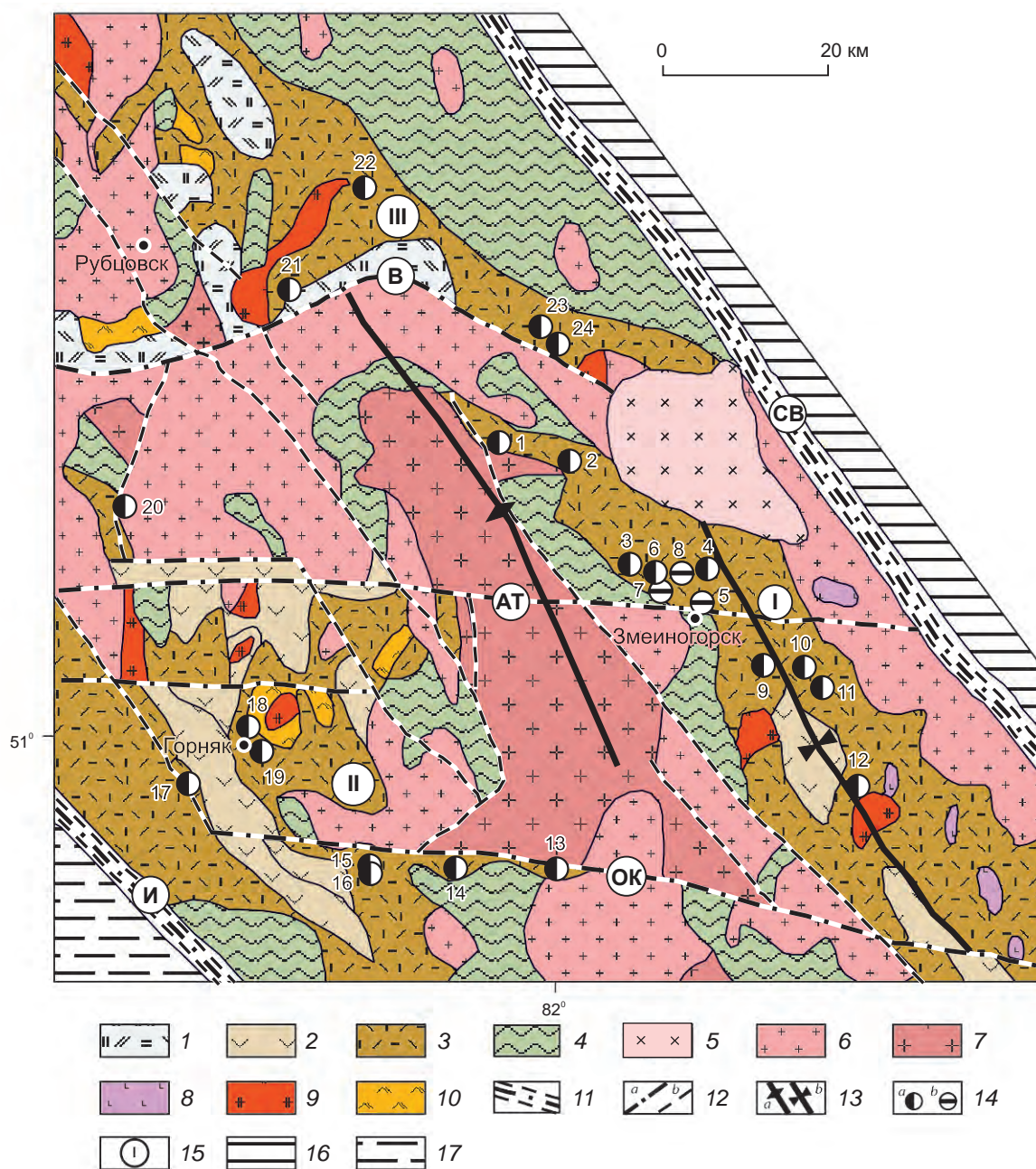


Рис. 7. Геологическое строение северной части Сарасинской ртутной зоны (фрагмент геологической карты масштаба 1 : 200 000):

1 – четвертичные отложения; 2 – пестроцветные песчаники, алевролиты и известняки барагашской свиты (D_1br), мощность (M) > 1500 м; 3 – серые известняки с редкими прослоями алевролитов, песчаников, силицитов сарасинской свиты (ϵ_1sn), M – 1080 м; 4 – тёмно-серые и серые известняки, доломиты с редкими прослоями алевролитов и горизонтами базальтов каячинской свиты ($V-\epsilon_1kn$), M > 2000 м; 5 – известково-доломитовая толща позднерипейская (PR_3), M > 1250 м; 6 – дацит-риолитовый луратинский комплекс ($\pi\lambda\zeta D_2$); 7 – тектонические нарушения; 8 – золото-ртутные проявления: 1 – Новое, 2 – Ночной лог, 3 – Сухонькое

Fig. 7. Geological structure of the northern part of the Sarasin mercury zone (fragment of a geological map at a scale of 1 : 200,000):

1 – Quaternary sediments; 2 – variegated sandstones, siltstones and limestones of the Baragash formation (D_1br), thickness (M) > 1500 m; 3 – gray limestones with rare interlayers of siltstones, sandstones, silicites of the Sarasinskaya suite (ϵ_1sn), M – 1080 m; 4 – dark gray and gray limestones, dolomites with rare siltstone interlayers and basalt horizons of the Kayachin suite ($V-\epsilon_1kn$), M > 2000 m; 5 – Late Riphean calc-dolomite sequence (PR_3), M > 1250 m; 6 – dacite-rhyolite Lurata complex ($\pi\lambda\zeta D_2$); 7 – tectonic disturbances; 8 – gold-mercury manifestations: 1 – Novoe, 2 – Nochnoy log, 3 – Sukhonkoe



залежи образуют различной конфигурации линзы, лентовидные, пластовые и редко штокерковые тела, иногда зонального строения со сменой снизу вверх колчеданных и медно-колчеданных руд колчеданно-полиметаллическими и полиметаллическими. Руды характеризуются ограниченным спектром сопутствующих элементов-примесей (Cd, Mn, As, Sb, Bi) и довольно низкими концентрациями благородных металлов. Средние содержания Au по ме-

сторождениям изменяются от 0,25 до 1,05 г/т, Ag от 12 до 147,8 г/т. Золото здесь как правило представлено одной генерацией, связанной с основной стадией формирования колчеданно-полиметаллических руд, и характеризуется повышенной пробностью (747,5–896,1 ‰) с небольшой примесью серебра (8,32–25,58 ‰).

Барит-полиметаллический минеральный тип развит лишь в Змеиногорском районе и представлен Зареченским, Змеиногорским, Ка-



Рис. 8. Схема геологического строения северо-западной части Рудного Алтая (составлена по материалам Рудно-Алтайской экспедиции):

1 – туфы и лавы кислого и среднего составов, туфопесчаники, песчаники, алевролиты, известковистые аргиллиты (C_1t-C_1n); 2 – туфы, лавы среднего и основного составов, туфогравелиты, туфопесчаники, песчаники и алевролиты (D_3fm); 3 – туфы и лавы кислого, реже основного составов, алевролиты, аргиллиты, песчаники и туфопесчаники ($D_1em_2-D_2gv$) (базальт-риолитовая контрастная формация); 4 – метаморфические сланцы и песчаники хлорит-кварцевого, эпидот-хлорит-кварцевого и слюдисто-кварцевого составов (PZ_1); 5 – порфировидные биотитовые и биотит-роговообманковые граниты калбинского комплекса (γP_2-T_1); 6 – гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры и порфиры (змеиногорский комплекс) (γPC_3-P_1); 7 – диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, плагиограниты ($\gamma \delta D_2$); 8 – габбродиабазы, диоритовые порфириты (δC_{2-3}); 9 – субвулканические образования кислого состава – риолиты, риолито-дациты ($\lambda \mu D_{2-3}$); 10 – субвулканические образования среднего и основного составов (андезитовые и диабазовые порфириты ($\mu \beta D_{2-3}$)); 11 – зоны смятия (И – Иртышская, СВ – Северо-Восточная); 12 – зоны разломов: *a* – поперечные трансформные (В – Варшавский, АТ – Алейско-Тигирекский, ОК – Орловско-Карагужихинский), *b* – продольные; 13 – оси региональных структур: *a* – Алейского антиклинория, *b* – Быструшинского синклинория; 14 – месторождения: *a* – колчеданно-полиметаллические: 1 – Тушканихинское, 2 – Майское, 3 – Стрижковское, 4 – Корбалихинское, 6 – Среднее, 9 – Комиссаровское, 10 – Лазурское, 11 – Масленское, 12 – Семёновское, 13 – Крючковское, 14 – Юбилейное, 15 – Западно-Сургутановское, 16 – Сургутановское, 17 – Орловское, 18 – Золотушинское, 19 – Новозолотушинское, 20 – Локтевское, 21 – Рубцовское, 22 – Захаровское, 23 – Таловское, 24 – Степное; *b* – барит-полиметаллические: 5 – Змеиногорское, 7 – Зареченское, 8 – Петровское; 15 – рудные районы: I – Змеиногорский, II – Золотушинский, III – Рубцовский; 16 – структуры Горного Алтая; 17 – структуры Калба-Нарымской зоны

Fig. 8. Scheme of the geological structure of the northwestern part of Rudny Altai (compiled based on materials from the Rudny Altai expedition):

1 – tuffs and lavas of acidic and intermediate compositions, tuffaceous sandstones, sandstones, siltstones, calcareous mudstones (C_1t-C_1n); 2 – tuffs, lavas of intermediate and basic compositions, tuffaceous gravelites, tuffaceous sandstones, sandstones and siltstones (D_3fm); 3 – tuffs and lavas of acidic, less often basic composition, siltstones, mudstones, sandstones and tuff sandstones ($D_1em_2-D_2gv$) (basalt-rhyolite contrast formation); 4 – metamorphic shales and sandstones of chlorite-quartz, epidote-chlorite-quartz and mica-quartz composition (PZ_1); 5 – porphyritic biotite and biotite-hornblende granites of the Kalba complex (γP_2-T_1); 6 – granite porphyry, granodiorite porphyry and porphyry (Zmeinogorsk complex) (γPC_3-P_1); 7 – diorites, quartz diorites, granodiorites, plagiogranites ($\gamma \delta D_2$); 8 – gabbrodiabase, diorite porphyrites (δC_{2-3}); 9 – subvolcanic formations of acidic composition – rhyolites, rhyolithodacites ($\lambda \mu D_{2-3}$); 10 – subvolcanic formations of intermediate and basic composition (andesitic and diabase porphyrites ($\mu \beta D_{2-3}$)); 11 – shear zones (И – Irtysh, СВ – North-Eastern); 12 – fault zones: *a* – transverse transform (В – Warsaw, АТ – Aleysko-Tigirek, ОК – Orlovsko-Karaguzhikha), *b* – longitudinal; 13 – axes of regional structures: *a* – Aleisky anticlinorium, *b* – Bystrushinsky synclinorium; 14 – deposits: *a* – pyrite-polymetallic (1 – Tushkanikhinskoye, 2 – Mayskoye, 3 – Strizhkovskoye, 4 – Korbaliikhinskoye, 6 – Sredneye, 9 – Komissarovskoye, 10 – Lazurskoye, 11 – Maslenskoye, 12 – Semyonovskoye, 13 – Kryuchkovskoye, 14 – Yubileinoe, 15 – Zapadno-Surgutanovskoye, 16 – Surgutanovskoye, 17 – Orlovskoye, 18 – Zolotushinskoye, 19 – Novozolotushinskoye, 20 – Loktevskoye, 21 – Rubtsovskoye, 22 – Zakharovskoye, 23 – Talovskoye, 24 – Stepnoye), *b* – barite-polymetallic (5 – Zmeinogorskoye, 7 – Zarechenskoye, 8 – Petrovskoye); 15 – ore districts: I – Zmeinogorsk, II – Zolotushinsky, III – Rubtsovsky; 16 – structures of Gorny Altai; 17 – structures of the Kalba-Narym zone

рамышевским месторождениями. Их отличительные особенности – относительно небольшие масштабы, высокое содержание в рудах барита, низкое – пирита. Руды этого типа характеризуются сложным минеральным составом (до 40 минералов) и повышенными концентрациями золота и серебра. Золото-серебряная минерализация этих месторождений локализуется в геологических контурах ба-

рит-полиметаллических рудных тел, а её промышленные содержания связаны с многостадийным формированием залежей. Здесь произошло совмещение относительно высокопробного золота (780 ‰) корневых зон оруденения, сформировавшегося при высоких температурах (250–350 °С), и низкопробного золота с высоким содержанием примеси Ag (до 72 %) и Hg (до 27 ‰), связанного с низкотемператур-



ной (150–250 °С) стадией формирования баритовых и барит-полиметаллических руд.

Заключение. По результатам исследования золотого оруденения на территории Российского Алтая (республика Алтай и Алтайский край) можно сделать выводы о перспективах возможного выявления новых промышленных запасов рудного золота. В республике Алтай это прежде всего резервы, связанные с недоисследованными глубокими горизонтами Синюхинского месторождения. Запасы золота здесь оцениваются по кат. С₂ в 19,6 т, кат. Р₁ 46 т, кат. Р₂ + Р₃ 50–70 т. Также увеличение запасов золота может быть связано с детальными поисками на территории Чойского рудного поля, Ишинской площади и Майско-Лебедской зоны. Наиболее перспективная по рудному золоту самая северная часть Горного Алтая, в первую очередь площадь Майского месторождения и северная часть Турочакского района. Это один из наиболее богатых в прошлом золоторудных узлов всей Западной Сибири.

В Алтайском крае благоприятный прогноз на благородные металлы в первую очередь представляют выделенные рудные узлы: Новофирсовский, Мурзинский и Бащелакский. Также некоторые перспективы показывают результаты изучения Топольнинского, Акимовского, Усть-Беловского и Чагырского рудных полей и Сарасинской золото-ртутной зоны, локализованных за пределами указанных узлов. Практически все проявления рудного золота сосредоточены в южной и восточной частях края. Важное практическое значение для региона могут иметь золото-сульфидно-скарновое, золотосульфидное, эпитемальное золото-серебряное, медно-золото-порфирировое и золото-ртутное типы оруденения.

В Мурзинском рудном узле наряду с одним из месторождений выявлен ряд мелких проявлений. Они могут представлять опресделённые перспективы благодаря обнаруженному на Мурзинском месторождении более позднему телетермальному золото-ртутному оруденению, наложенному на скарны. Запасы и прогнозные ресурсы рудного золота Мурзинского рудного поля оценены, по данным ООО «Поиск», приведённым в работе [13]: кат. С₁ +

С₂ – 914 кг, кат. Р₁ – 10 т, кат. Р₂ – 26 т. По рудному узлу в целом ресурсы кат. Р₂ составляют 50 т.

В Новофирсовском рудном узле отмечается компактное распределение золоторудных проявлений в пределах двух выделенных рудных полей – Новофирсовского и Курьинского. Наибольший интерес представляют объекты с эпитемальным золото-серебряным оруденением в вулканогенных толщах девона, среди которых выделяются Новофирсовское месторождение и рудопроявление Курьинское. Запасы золота на Новофирсовском месторождении, посчитанные компанией ОАО «Бурят-золото», при среднем содержании 1,38 г/т и бортовом 0,4 г/т составили 5,2 т по кат. С₂. Дальнейшей оценки требуют перспективные золоторудные проявления г. Верблюжья, Игнашихинское, Вострухинская площадь и г. Толстуха.

На Топольнинском рудном поле перспективны на выявление промышленных объектов золота области контактов гранитоидных массивов и терригенно-карбонатных отложений, характеризующиеся развитием скарнов и линейных зон разрывов. Наиболее богатая золоторудная минерализация установлена в рудных телах с пространственным совмещением золото-скарновой и наложенной золото-сульфидно-кварцевой минерализации, связанной с зонами пропицитов и карбонат-серицит-кварцевых метасоматитов. К таким золоторудным объектам Топольнинского рудного поля относятся месторождения Лог-26, Баяниха и Сухая Грива, где апробированные ресурсы Au кат. Р₁ оценены в 7; 4,2 и 2,3 т соответственно. Прогнозные ресурсы всего рудного поля, по данным ЦНИГРИ, оценены по кат. Р₂ в 7 т золота.

В Сарасинской ртутной зоне выявлено тонкодисперсное золото-ртутное оруденение в рудах ртутных месторождений Сухонькое, Новое, Черемшанское, Левобережное, что вместе с геологическими признаками – наличием крупных надвигов, благоприятной литологической обстановкой (известняки, серпентиниты), а также развитием низкотемпературных гидротермально изменённых пород (аргиллизация, окварцевание) и находками ртутистого



золота в россыпях и шлиховых ореолах могут свидетельствовать о перспективах выявления здесь промышленных объектов золото-ртутного типа.

Запасы золота в российской части Рудного Алтая связаны в основном с колчеданно-полиметаллическим оруденением. По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ (ФГБУ «Росгеолфонд»), на 1 января 2020 г. запасы золота оценены по

39 месторождениям (16 коренных и 23 россыпных). Балансовые запасы кат. А + В + С₁ составляют 38 489 кг золота, кат. С₂ – 8 628 кг, забалансовые – 19 577 кг [1]. На комплексные полиметаллические месторождения приходится 94,3 % запасов золота кат. А + В + С₁, а на собственно коренные золоторудные – менее 6 %. Запасы серебра в полиметаллических месторождениях составляют: кат. А + В + С₁ – 2580,6 т, кат. С₂ – 702,7 т; забалансовые – 847,5 т.

Список литературы

1. Алексеев Я. В., Корчагина Д. А. Состояние и перспективы развития МСБ благородных и цветных металлов Алтайского региона // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : тезисы докладов X Международной научно-практической конференции (13–16 апреля 2021 г.). – М. : ЦНИГРИ, 2021. – С. 6–9.
2. Беневольский Б. И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. – М. : Геоинформмарк, 1995. – 88 с.
3. Берзин Н. А., Кунгурцев Л. В. Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика. – 1996. – Т. 37, № 1. – С. 63–81.
4. Волков А. В. Золото Алтайского края // Золото и технологии. – 2011. – № 2. – С. 32–40.
5. Гаськов И. В. Особенности эндогенной металлогении Горного и Рудного Алтая (Россия) // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 8. – С. 1254–1270.
6. Гаськов И. В., Борисенко А. С., Бабич В. В. Стадийность и длительность формирования золоторудной минерализации на медно-скарновых месторождениях (Алтае-Саянская складчатая область) // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 10. – С. 1399–1412.
7. Гаськов И. В., Дистанов Э. Г., Ковалев К. Р., Акимцев В. А. Золото и серебро в полиметаллических месторождениях северо-западной части Рудного Алтая // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 6. – С. 900–916.
8. Гаськов И. В., Дистанов Э. Г., Миронова Н. Ю., Чекалин В. М. Колчеданно-полиметаллические месторождения верхнего девона северо-западной части Рудного Алтая. – Новосибирск : Наука, 1991. – 121 с.
9. Гусев А. И. Геохимические особенности золотого оруденения Мурзинского рудного поля Горного Алтая // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 9 (2). – С. 96–100.
10. Гусев А. И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2002. – 221 с.
11. Гусев А. И. Эталон габбро-гранитоидного комплекса (Горный Алтай). – Новосибирск : Гео, 2007. – 209 с.
12. Гусев А. И., Гусев Н. И. Геологическое строение Чойского рудного поля Горного Алтая // Руды и металлы. – 1998. – № 2. – С. 90–99.
13. Гусев А. И., Гусев Н. И. Магматизм и оруденение Чарышского района Алтайского края. – Бийск : АГГПУ им. В. М. Шукшина, 2018. – 260 с.
14. Гусев А. И., Гусев Н. И., Красова А. С., Табакаева Е. М. Золотогенерирующие гранитоиды Топольнинского ареала Горного Алтая: возраст, петрология и геохимия // Современные наукоёмкие технологии. – 2012. – № 1. – С. 8–12.
15. Гусев Н. И., Шокальский С. П., Гусев А. И. Возраст магматизма (U/PB, SHRIMP II), контролирующего эпitherмальное оруденение Новофирсовского золоторудного узла (Алтай) // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 45. – С. 98–105.
16. Двуреченская С. С., Соловьев С. Г., Кряжев С. Г., Уютов В. И., Брысин М. П., Лейбгам П. Н. Новые данные по минералогии и условиям формирования руд Синюхинского медно-золотого скарнового месторождения (Горный Алтай, Россия) //



Породо-, минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований. Труды к 90-летию ИГЕМ РАН. – М., 2020. – С. 930.

17. Крук Н. Н. Эволюция континентальной коры и гранитоидный магматизм Горного Алтая : специальность 25.00.04 «Петрология, вулканология» : автореф. на соискание учён. степ. д-ра геол.-минерал. наук / Крук Николай Николаевич. – Новосибирск, 2015. – 38 с.
18. Кряжев С. Г., Брысин М. П., Соловьев С. Г. Рудопроявление Кульбич (Горный Алтай, Россия): новая потенциально крупная золото-медно-порфировая система Центральной Азии // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : тезисы докладов X Международной научно-практической конференции (13–16 апреля 2021 г.). – М. : ЦНИГРИ, 2021. – С. 247–249.
19. Окулов А. В. Позиция, геологическое строение и минерало-геохимическая характеристика золоторудных объектов Топольнинского рудного поля (Алтайский край) : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Окулов Алексей Вячеславович. – М. : ЦНИГРИ, 2017. – 187 с.
20. Окулов А. В., Рожченко В. А. Геологическое строение и позиция золоторудных проявлений То-

польнинского рудного поля, Алтайский край // Руды и металлы. – 2015. – № 4. – С. 13–25.

21. Тимкин В. И. Новые данные по геологическому строению Новофирсовского рудного узла (северо-западная часть Горного Алтая) // Природные ресурсы Горного Алтая. Горно-Алтайское региональное отделение Российского геологического общества. – 2015. – № 2. – С. 30–54.
22. Тимкин Т. В. Критерии локализации золотого оруденения в Майско-Лебедском рудном поле (Горная Шория) // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 1 (48). – С. 58–63.
23. Шокальский С. П., Бабин Г. А., Владимиров А. Г. [и др.]. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск : СО РАН, Гео, 2000, 187 с.
24. Jowitt S. M., Mudd G. M., Weng Z. Hidden mineral deposits in Cu-dominated porphyry-skarn systems: how resource reporting can occlude important mineralization types within mining camps // *Economic Geology*. – 2013. – V. 108. – P. 1185–1193.
25. Soloviev S. G., Kryazhev S. G., Dvurechenskaya S. S., Uyutov V. I. Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of the Sinyukhinskoe Cu-Au skarn deposit, Russian Altai, SW Siberia // *Ore Geology Reviews*. – 2019. – № 112. – 103039 p.

References

1. Alekseev Ya. V., Korchagina D. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya MSB blagorodnykh i tsvetnykh metallov Altaiskogo regiona [The state and prospects of development of SMEs of precious and non-ferrous metals of the Altai region], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov : tezisy dokladov X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (13–16 aprelya 2021)* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals : abstracts of the X International Scientific and Practical Conference (April 13–16, 2021)], Moscow, TsNIGRI Publ., 2021, pp. 6–9.
2. Benevol'skii B. I. Zoloto Rossii: problemy ispol'zovaniya i vosproizvodstva mineral'no-syr'evoi bazy [Gold of Russia: problems of use and reproduction of the mineral resource base], Moscow, Geoinformmark Publ., 1995, 88 p.
3. Berzin H. A., Kungurtsev L. V. Geodinamicheskaya interpretatsiya geologicheskikh kompleksov Altae-Sayanskoi oblasti [Geodynamic interpretation of geological complexes of the Altai-Sayan region], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 1996, V. 37, No 1, pp. 63–81. (In Russ.).
4. Volkov A. V. Zoloto Altaiskogo kraja [Gold of the Altai Territory], *Zoloto i tekhnologii [Gold and technologies]*, 2011, No 2, pp. 32–40. (In Russ.).
5. Gas'kov I. V. Osobennosti endogennoi metallogenii Gornogo i Rudnogo Altaya (Rossiya) [Features of magmatism-related metallogeny of Gorny Altai and Rudny Altai (Russia)], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 2018, V. 59, No 8, pp. 1254–1270. (In Russ.).



6. Gas'kov I. V., Borisenko A. S., Babich V. V. Stadiinost' i dlitel'nost' formirovaniya zolotorudnoi mineralizatsiii na medno-skarnovykh mestorozhdeniyakh (Altae-Sayanskaya skladchataya oblast') [The stages and duration of formation of gold mineralization at copper-skarn deposits (Altai-Sayan folded area)], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 2010, V. 51, No 10, pp. 1399–1412. (In Russ.).
7. Gas'kov I. V., Distanov E. G., Kovalev K. R., Akimtsev V. A. Zoloto i srebro v polimetallicheskikh mestorozhdeniyakh severo-zapadnoi chasti Rudnogo Altaya [Gold and silver in polymetallic deposits of the north-western part of the Ore Altai], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 2001, V. 42, No 6, pp. 900–916. (In Russ.).
8. Gas'kov I. V., Distanov E. G., Mironova N. Yu., Cherkalin V. M. Kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdeniya verkhnego devona severo-zapadnoi chasti Rudnogo Altaya [Pyrite-polymetallic deposits of the Upper Devonian of the northwestern part of the Ore Altai], Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, 121 p.
9. Gusev A. I. Geokhimicheskie osobennosti zolotogo orudneniya Murzinskogo rudnogo polya Gornogo Altaya [Geochemical peculiarities of gold ore mineralization of Murzinskoe ore field of Mountain Altai], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Geological and mineralogical sciences]*, 2014, No 9 (2), pp. 96–100. (In Russ.).
10. Gusev A. I. Metallogeniya zolota Gornogo Altaya i yuzhnoi chasti Gornoi Shorii [Metallogeny of gold in the Altai Mountains and the southern part of the Mountain Shoria], Tomsk, Tomskiy politekhnicheskii universitet Publ., 2002, 221 p.
11. Gusev A. I. Etalon gabbro-granitoidnogo kompleksa (Gornyi Altai) [The standard of the gabbro-granitoid complex (Gorny Altai)], Novosibirsk, Geo Publ., 2007, 209 p.
12. Gusev A. I., Gusev N. I. Geologicheskoe stroenie Choiskogo rudnogo polya Gornogo Altaya [Geological structure of the Choiskoye ore field, Gorny Altai], *Rudy i metally [Ores and Metals]*, 1998, No 2, pp. 90–99. (In Russ.).
13. Gusev A. I., Gusev N. I. Magmatizm i orudnenie Charyshskogo raiona Altaiskogo kraya [Magmatism and mineralization of the Charyshsky district of the Altai Territory], Biisk, Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy Publ., 2018, 260 p.
14. Gusev A. I., Gusev N. I., Krasova A. S., Tabakava E. M. Zolotogeneriruyushchie granitoidy Topol'ninskogo areala Gornogo Altaya: vozrast, petrologiya i geokhimiya [Gold-generating granitoids of the Topolninskiy range of the Altai Mountains: age, petrology and geochemistry], *Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern high-tech technologies]*, 2012, No 1, pp. 8–12. (In Russ.).
15. Gusev N. I., Shokal'skii S. P., Gusev A. I. Vozrast magmatizma (U/PB, SHRIMP II), kontroliruyushchego epitermal'noe orudnenie Novofirsovskogo zolotorudnogo uzla (Altai) [Age of magmatism (U/PB, SHRIMP II) controlling epithermal mineralization of the Novofirsovsky gold ore node (Altai)], *Regional'naya geologiya i metallogeniya [Regional Geology and Metallogeny]*, 2011, No 45, pp. 98–105. (In Russ.).
16. Dvurechenskaya S. S., Solov'ev S. G., Kryazhev S. G., Uyutov V. I., Brysin M. P., Leibgam P. N. Novye dannye po mineralogii i usloviyam formirovaniya rud Sinyukhinskogo medno-zolotogo skarnovogo mestorozhdeniya (Gornyi Altai, Rossiya) [New data on mineralogy and conditions of ore formation of the Sinyukhinsky copper-gold skarn deposit (Gorny Altai, Russia)], *Porodo-, mineralo- i rudoobrazovanie: dostizheniya i perspektivy issledovaniya. Trudy k 90-letiyu IGEM RAN [Rock, mineral and ore formation: achievements and prospects of research. Proceedings for the 90th anniversary of IGEM RAS]*, Moscow, 2020, p. 930.
17. Kruk N. N. Evolyutsiya kontinental'noi kory i granitoidnyi magmatizm Gornogo Altaya [Evolution of the continental crust and granitoid magmatism of the Altai Mountains], Extended abstract of Doctor's thesis, Novosibirsk, 2015, 38 p.
18. Kryazhev S. G., Brysin M. P., Solov'ev S. G. Rudoproyavlenie Kul'bich (Gornyi Altai, Rossiya): novaya potentsial'no krupnaya zoloto-medno-porfirovaya sistema Tsentral'noi Azii [Kulbich deposit (Gorny Altai, Russia): a new potentially large gold-copper-porphiry system of Central Asia], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov: tezisy dokladov X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (13–16 aprelya 2021) [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals: abstracts of the X International Scientific and Practical Conference (April 13–16, 2021)]*, Moscow, TsNIGRI Publ., 2021, pp. 247–249.
19. Okulov A. V. Pozitsiya, geologicheskoe stroenie i mineralogo-geokhimicheskaya kharakteristika zoloto-



- rudnykh ob"ektov Topol'ninskogo rudnogo polya (Altaiskii krai) [Geological structure and position of gold ore manifestations of the Topolninsky ore field, Altai Krai], Moscow, TsNIGRI Publ., 2017, 187 p.
20. Okulov A. V., Rozhchenko V. A. Geologicheskoe stroenie i pozitsiya zolotorudnykh proyavlenii Topol'ninskogo rudnogo polya, Altaiskii Krai [Geology and position of gold occurrences in Topolninsky ore field, Altai], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2015, No 4, pp. 13–25. (In Russ.).
 21. Timkin V. I. Novye dannye po geologicheskomu stroeniyu Novofirsovskogo rudnogo uzla (severo-zapadnaya chast' Gornogo Altaya) [New data on the geological structure of the Novofirsovsky ore node (north-western part of the Altai Mountains)], *Prirodnye resursy Gornogo Altaya. Gorno-Altayskoe regional'noe otdelenie Rossiiskogo geologicheskogo obshchestva* [Natural Resources of the Altai Mountains. Gorno-Altai Regional Branch of the Russian Geological Society], 2015, No 2, pp. 30–54. (In Russ.).
 22. Timkin T. V. Kriterii lokalizatsii zolotogo orudneniya v Maisko-Lebedskom rudnom pole (Gornaya Shoriya) [Localization criteria of gold mineralization in Maisk-Lebedsky ore field (Mountain Shoria)], *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceeding of Irkutsk State Technical University], 2011, No 1 (48), pp. 58–63. (In Russ.).
 23. Shokal'skii S. P., Babin G. A., Vladimirov A. G. [et al.]. Korrelyatsiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoi chasti Altae-Sayanskoi skladchatoi oblasti [Correlation of magmatic and metamorphic complexes of the western part of the Altai-Sayan folded region], Novosibirsk, SB of RAS, Geo Publ., 2000, 187 p.
 24. Jowitt S. M., Mudd G. M., Weng Z. Hidden mineral deposits in Cu-dominated porphyry-skarn systems: how resource reporting can occlude important mineralization types within mining camps, *Economic Geology*, 2013, V. 108, pp. 1185–1193.
 25. Soloviev S. G., Kryazhev S. G., Dvurechenskaya S. S., Uyutov V. I. Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of the Sinyukhinskoe Cu-Au skarn deposit, Russian Altai, SW Siberia, *Ore Geology Reviews*, 2019, V. 112, 103039 p.

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

доктор геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник

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

Основные этапы рудообразования эпitherмального месторождения золота Светлое (Хабаровский край) на базе изучения вещественного состава метасоматитов и руд

Левочская Д. В.^{1,2}, Якич Т. Ю.¹, Лесняк Д. В.^{1,2}, Рудмин М. А.¹, Рубан А. С.¹, Ерофеев А. Е.¹, Мазуров А. К.¹

¹ Инженерная школа природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия; ² Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», г. Хабаровск, Россия

Аннотация. Исследование пространственно-временных взаимоотношений метасоматитов и руд различных зон эпitherмального Au-Ag месторождения Светлое (Хабаровский край) с помощью традиционного минералого-петрографического подхода позволило установить несколько этапов рудообразования, приуроченных к двум палеовулканическим структурам центрального типа. Ранний этап соответствует умеренно-кислотному IS-типу оруденения, второй этап рудообразования соотносится с кислотнo-сульфатным HS-типом.

Золотое оруденение, связанное с ранним этапом рудообразования, представлено двумя главными типами: Au-Ag-Te и Au-Ag. Поздний этап оруденения характеризуется преобладанием переотложенного высокопробного золота, а также наличием других самородных элементов: теллура, селена, серы, висмута.

Ключевые слова: эпitherмальные месторождения золота, теллуриды, парагенетическая последовательность минералообразования, месторождение Светлое, Хабаровский край.

Для цитирования: Левочская Д. В., Якич Т. Ю., Лесняк Д. В., Рудмин М. А., Рубан А. С., Ерофеев А. Е., Мазуров А. К. Основные этапы рудообразования эпitherмального месторождения золота Светлое (Хабаровский край) на базе изучения вещественного состава метасоматитов и руд. Руды и металлы. 2023. № 3. С. 61–86. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10013.

The main stages of ore formation of the Svetloe epithermal gold deposit (Khabarovsk Region) based on the study of the mineral composition of metasomatic rocks and ores

Levochskaya D. V.^{1,2}, Yakich T. Yu.¹, Lesnyak D. V.^{1,2}, Rudmin M. A.¹, Ruban A. S.¹, Erofeev A. E.¹, Mazurov A. K.¹

¹ School of Natural Resources Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

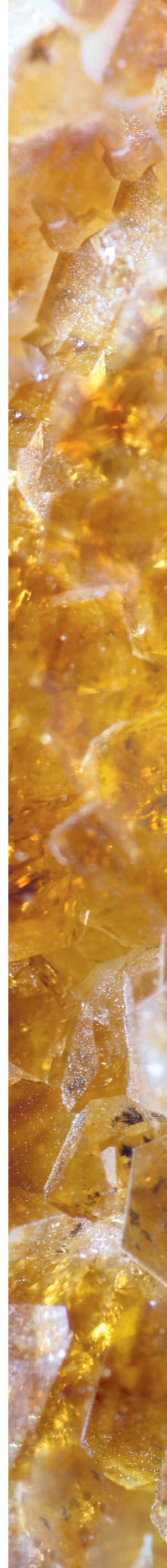
² Khabarovsk branch of Polymetal UK JSC, Khabarovsk, Russia

Annotation. The study of the spatiotemporal relationships of metasomatites and ores of various zones of the epithermal Au-Ag deposit Svetloe (Khabarovsk Region) using a traditional mineralogical and petrographic approach made it possible to establish several stages of ore formation confined to two paleovolcanic structures of the central type. The early stage corresponds to the moderately acidic (IS) type of mineralization, the second stage of ore formation corresponds to the acidic sulfate (HS) type.

Gold mineralization associated with the early stage of ore formation is represented by two main types: Au-Ag-Te and Au-Ag. The late stage of mineralization is characterized by the predominance of redeposited high-grade gold, as well as the presence of other native elements: tellurium, selenium, sulfur, and bismuth.

Keywords: epithermal gold deposits, tellurides, paragenetic sequence of mineral formation, Svetloye deposit, Khabarovsk Region.

For citation: Levochskaya D. V., Yakich T. Yu., Lesnyak D. V., Rudmin M. A., Ruban A. S., Erofeev A. E., Mazurov A. K. The main stages of ore formation of the Svetloe epithermal gold deposit (Khabarovsk Region) based on the study of the mineral composition of metasomatic rocks and ores. Ores and metals, 2023, № 3, pp. 61–86. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10013.





Актуальность настоящего исследования определяется недостаточной изученностью эпипитермальных месторождений золота России, образованных в низкотемпературных условиях ($< 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) вблизи палеоповерхности [10–15] и ранее не рассматривавшихся в составе минерально-сырьевой базы золота России из-за незнания технологий извлечения микроного золота из руд подобных объектов.

Методика исследований. Петрографические и минераграфические исследования полированных шлифов и аншлифов выполнялись на микроскопе ZEISS Axio Imager.A2m (аналитик А. С. Рубан). Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) или растровая электронная микроскопия (РЭМ) проводились с использованием микроскопа TESCAN VEGA 3 SBU (TESCAN, Чехия), оснащённого приставкой для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа (ЭДС) OXFORD X-Max 50 с Si/Li кристаллическим детектором (аналитики Т. Ю. Якич, М. А. Рудмин). Ускоряющее напряжение для СЭМ съёмки и анализа 20 кВ с интенсивностью тока зонда в пределах 4–11,5 нА. Локальный рентгеноспектральный анализ выполнялся с предварительной калибровкой интенсивности зонда (11,4–11,5 нА) по кобальтовому стандарту при рабочем (фокусном) расстоянии 15 мм. Подсчёт формул рудных минералов осуществлялся по методике нормирования на серу и её аналоги – теллур, селен [2].

Геологическое положение месторождения Светлое. Эпипитермальное золоторудное месторождение Светлое локализовано в пределах Ульяновского прогиба, сложенного меловыми образованиями Охотско-Чукотского вулканического пояса, в двух палеовулканических структурах центрального типа (рис. 1). Указанные вулканические постройки разновозрастные: северо-западная, которая вмещает рудную зону Эми, – хетанинского времени (K_2ht); юго-восточная, включающая рудные зоны Елена, Тамара, Людмила и Лариса, – уракского (K_2ur). Хетанинская свита представлена серыми андезитами, андезибазальтами, их агломератовыми лавами, реже туфами тём-

но-серого цвета. Уракская свита несогласно залегает на размытых породах хетанинской свиты. Сложена стекловатыми и кислыми породами риолитового состава, дацитами белых, серовато-сиреневых и кремово-жёлтых игнибритов, а также их различными туфами и туфолавами (см. рис. 1).

Положение самих палеовулканов контролируется узлом сопряжения Дюльбакинско-го разлома северо-восточного простирания с разломами северо-западного простирания. Метасоматический ореол, сопровождающий рудные тела, имеет значительную площадь – более 30 км^2 .

В пределах рассматриваемого объекта широко распространена разрывная тектоника. Выделяются продольные (относительно простирания Охотско-Чукотского вулканического пояса), региональные северо-восточные, крупные поперечные северо-восточные разрывы. Субвулканические интрузии и две палеовулканические постройки с кальдерами проседания тяготеют к их стыкам. В кальдерах палеовулканов и на их склонах встречаются различные метасоматиты. Области с промышленно значимой золотой минерализацией контролируются зонами сочленениями кольцевых разломов и кальдер проседания с разломами северо-западного простирания [1, 3, 6].

Метасоматические преобразования раннего этапа, развитые в пределах зоны Эми. По результатам минералого-петрографических исследований установлено, что в рудной зоне Эми окolorудные изменения вмещающих пород представлены главным образом вторичными кварцитами (монокварциты, пористые и брекчированные кварциты (рис. 2, *a, b*)), в значительно меньшей степени алуниновыми и диккитовыми кварцитами (см. рис. 2, *c, d*) и кварц-серицитовыми метасоматитами (см. рис. 2, *e*). Неизменённых вмещающих пород в пределах зоны Эми не обнаружено, все исходные андезитовые породы и их туфы преобразованы в той или иной степени процессами метасоматической серицитизации, карбонатизации, хлоритизации, пелитизации с сохранением реликтовых очертаний порфи-



вых вкрапленников, замещённых серицитом или мусковитом (см. рис. 2, *f*) [5]. По данным дешифрирования космоснимков предшествениками [1], в пределах рудной зоны Эми выявлены пропилиты, но нами при исследовании минерального состава метасоматитов они не были изучены.

Детальная петрографическая характеристика метасоматитов рудной зоны Эми. Основная масса монокварцитов сложена аллотриоморфнозернистым, микрозернистым (0,01–0,02 мм) кварцем, среди которого наблюдаются локальные включения более крупных кристаллов кварца (до 1 мм). Использована классификация размерности кристаллов [7]. Порода пронизана множеством разноориентированных взаимно пересекающихся трещин (см. рис. 2, *a*). Последние полностью заполнены кварцем, образуя систему пересекающихся прожилков. Относительно крупные трещины (до 4 мм) локально зияющие, характер заполнения трещин друзовый. Отмечены три генерации кварца: аллотриоморфнозернистый микро- и, реже, мелкозернистый кварц, слагающий основную массу породы; микро- и мелкозернистый укрупнённый кварц, развивающийся по трещинам; мелкозернистый хорошо раскристаллизованный крупный (до 1 мм) мозаичный кварц, заполняющий трещины и каверны, а также образующий в основной массе породы скопления до 2 мм в поперечнике.

Породы отличаются высоким содержанием рудных минералов. В некоторых шлифах содержание пирита достигает 40–50 объёмных процентов прозрачного полированного шлифа. Рудные минералы образуют линейные (см. рис. 2, *a, d*) и гнездовидные скопления (см. рис. 2, *b*), а также могут присутствовать в виде равномерно рассредоточенных в основной массе единичных зёрен.

Пористые монокварциты – наиболее распространённый тип кварцитов по отношению к другим структурно-текстурным разновидностям. Происхождение пор связано с процессами кислотного выщелачивания, характерными для эпитермальных месторождений (*vuggy quartz*). Их минеральный состав аналогичен

массивным монокварцитам. Размер пор от 0,05 до 2 мм (в среднем 0,2 мм), объёмная пористость до 50 % площади шлифа. Пространственных закономерностей в вариациях размерности пор и объёмной пористости не выявлено. Для пор характерны текстуры обрастания, выраженные развитием друз идиоморфного кварца по стенкам порового пространства (см. рис. 2, *a*). Нередко каверны полностью заполнены более крупными (относительно основной массы) агрегатами мозаичного эвгедрального кварца, а также рудными минералами (преимущественно пиритом).

Брекчированные монокварциты представлены монокварцитами, развивающимися по обломочным вулканическим породам. Порой наблюдается друзовидный кварц, обрастающий крупные полости (см. рис. 2, *b*). Основная масса этих пород сложена аллотриоморфнозернистым микрозернистым кварцем (0,01–0,03 мм) с равномерно рассредоточенным пиритом. Кварц с пиритом нарушен наложенными трещинами, что определяется визуально в полевых наблюдениях. Вкрапленность пирита имеет шлировой пятнистый характер. Пирит брекчированный, с ним ассоциируют призматические кристаллы рутила.

Алунитовым кварцитам свойственны трещиновато-прожилковая текстура и вторичная порфириовидная структура (см. рис. 2, *c*). Порода сложена тёмно-коричневым микрокристаллическим кварц-глинистым агрегатом, нарушенным трещинами шириной до 1 мм (см. рис. 2, *c*). Трещины заполнены микрозернистым алунином, представленным длиннопризматическими кристаллами размером не более 0,01 мм.

Диккитовые кварциты сложены микрозернистым кварцем (0,01–0,05 мм) аллотриоморфнозернистой структуры и мелкочешуйчатым диккитом, среди которых часто отмечаются более крупные зёрна микро- и мелкозернистого кварца (до 0,5 мм). Преобладающий минерал – диккит, что установлено по данным рентгенодифракционного анализа и оптическому знаку. Содержание диккита около 15 % площади шлифа. В основной массе выделя-

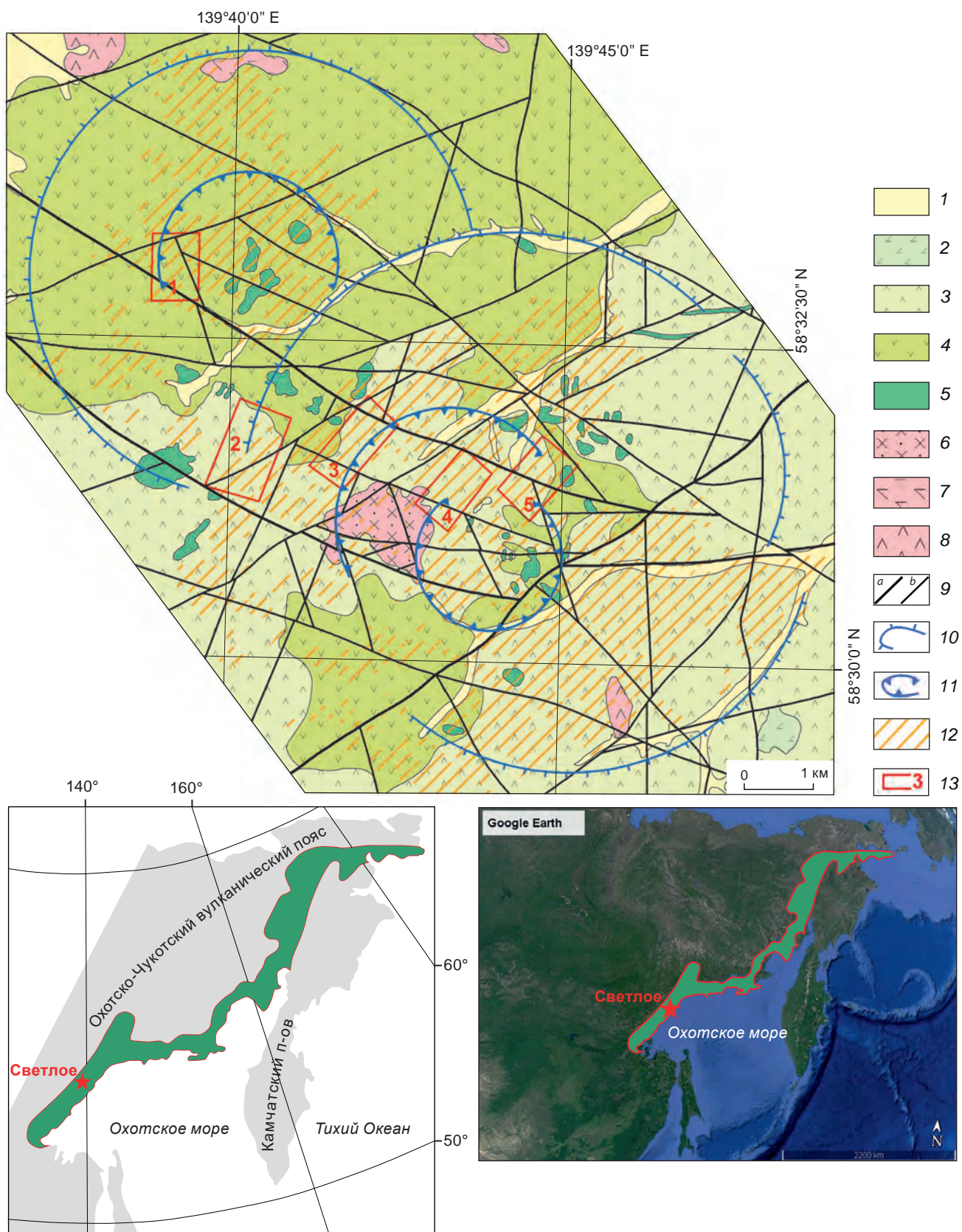




Рис. 1. Схематическая геологическая карта эпитермального Au-Ag месторождения Светлое, составленная на основе материалов Б. А. Новосёлова, ООО «ПД Рус» и [1]:

1 – аллювиальные отложения (Q_4); 2 – андезитовые базальты хакаринской свиты (K_2ht); 3 – лавы, туфы, игнимбриты урацкой свиты (K_2ur); 4 – андезитовые лавы, андезибазальты, андезитовые туфы хетанинской свиты (K_2ht); 5 – штоки и дайки базальтовых андезитов хакаринского базальтового комплекса (K_2hk); урацкий дацит-риолитовый комплекс (K_2ur): 6 – риодациты, 7 – дацитовые штоки и дайки; 8 – гранодиорит-порфировые штоки; 9 – разломы: *a* – региональные, *b* – прочие; 10 – палеовулканические структуры; 11 – структуры проседания; 12 – области распространения вторичных кварцитов и других метасоматитов; 13 – зоны месторождений: 1 – Эми, 2 – Людмила, 3 – Тамара, 4 – Елена, 5 – Лариса

Fig. 1. Schematic geological map of the epithermal Au-Ag deposit Svetloe, compiled on the basis of materials by B. A. Novoselov, PD Rus LLC and [1]:

1 – alluvial deposits (Q_4); 2 – andesitic basalts of the Khakarinsky suite (K_2hk); 3 – lavas, tuffs, ignimbrites of the Urak formation (K_2ur); 4 – andesite lavas, basaltic andesites, andesite tuffs of the Khetanin suite (K_2ht); 5 – stocks and dikes of basaltic andesites of the Khakarinsky basalt complex (K_2hk); Urats dacite-rhyolite complex (K_2ur): 6 – rhyodacites, 7 – dacite stocks and dikes; 8 – granodiorite-porphyrus stocks; 9 – faults: *a* – regional, *b* – other; 10 – paleovolcanic structures; 11 – subsidence structures; 12 – areas of distribution of secondary quartzites and other metasomatites; 13 – ore deposit zones: 1 – Amy, 2 – Lyudmila, 3 – Tamara, 4 – Elena, 5 – Larisa

ются зоны с кристаллами идиоморфного призматического гексагонального габитуса кварца, имеющего зональное строение, размерностью от 0,5–1 мм, с полостями между кристаллами до 2 мм. Кварцевые агрегаты имеют мозаично-блоковое строение. С этими зонами ассоциирует рудная минерализация, представленная преимущественно пиритом, который в отдельных шлифах и пластинах формирует протяжённые зоны (см. рис. 2, *d*).

Гидротермальные *кварц-серицитовые метасоматиты* обнаружены в виде прослоев среди вторичных кварцитов. Основная масса породы сложена аллотриоморфнозернистым, микрозернистым (0,01–0,02 мм) кварцем. В межзерновом пространстве присутствуют глинистые минералы – диккит, каолинит. Среди кварц-глинистого агрегата выделяются включения веерообразных скоплений кристаллов серицита (см. рис. 2, *e*). В основной массе фиксируются многочисленные каверны диаметром ~ 0,5 мм. По стенкам пор развивается друзовидный идиоморфный кварц (текстуры обрастания) вплоть до полного заполнения пор. Предположительно серицитовые агрегаты заполняют поровое пространство (см. рис. 2, *e*).

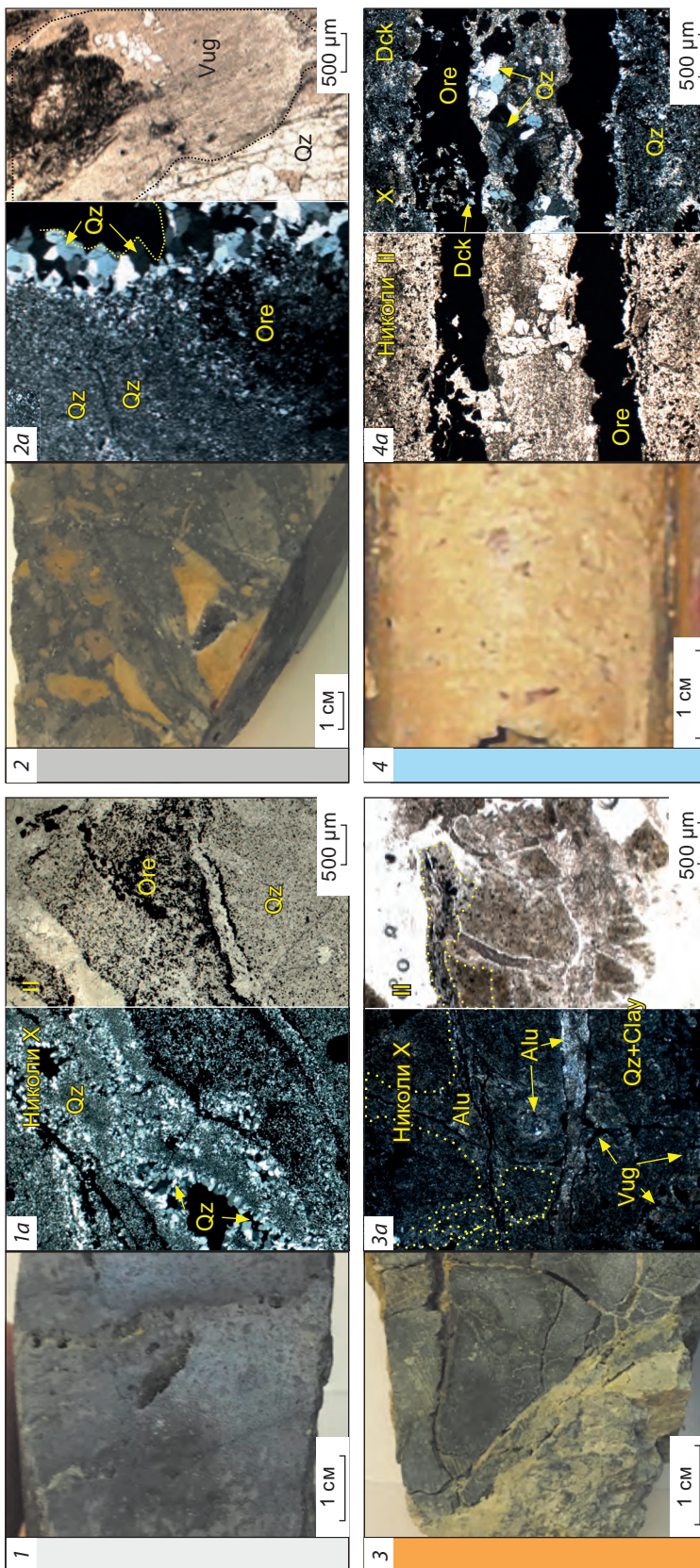
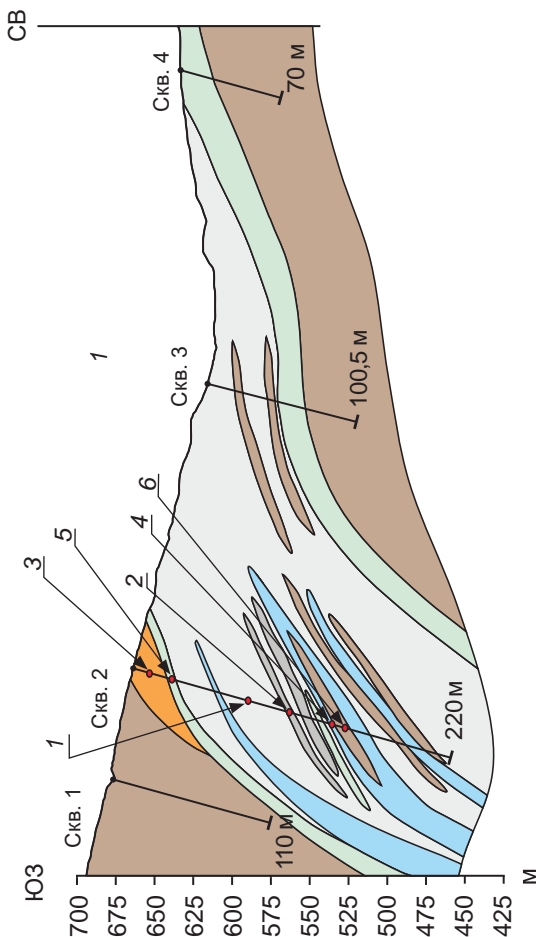
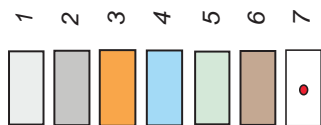
Рудная минерализация отмечается как в прожилках, так и в виде мелкой вкрапленности, равномерно рассредоточенной в основной

массе (см. рис. 2, *e*). Размеры зёрен рудных минералов не превышают 0,02 мм.

Метасоматически изменённые туфы характеризуются литокластической, кристаллокластической, литокристаллокластической текстурами при массивной, пористой, флюидальной и прожилковой текстурах. Среднее содержание минералов изменяется в следующем диапазоне (%): плагиоклаз 15–40, вулканическое стекло 20–70, кальцит 10–40, кварц 5–15, иллит + хлорит + серицит 15–50, рудные минералы < 1–20.

Метасоматически изменённые андезиты обладают преимущественно реликтовой порфировой структурой, прожилковой и трещиноватой текстурой. Нередко их основная масса сложена микрозернистым кварцем, среди которого встречаются обломки полевых шпатов, замещённые серицитом и мусковитом (см. рис. 2, *f*). Обломки угловатые, размером до 1 мм. Отмечается пелитизация полевых шпатов. Трещины открытые, зияющие, шириной 0,5 мм. Рудные минералы образуют линейно вытянутые скопления, тяготеющие к трещинам.

Метасоматические преобразования позднего рудного этапа, развитые в пределах зон Елена, Тамара, Лариса и Людмила. В качестве эталонной зоны, в которой наиболее полно проявились метасоматические преобразо-



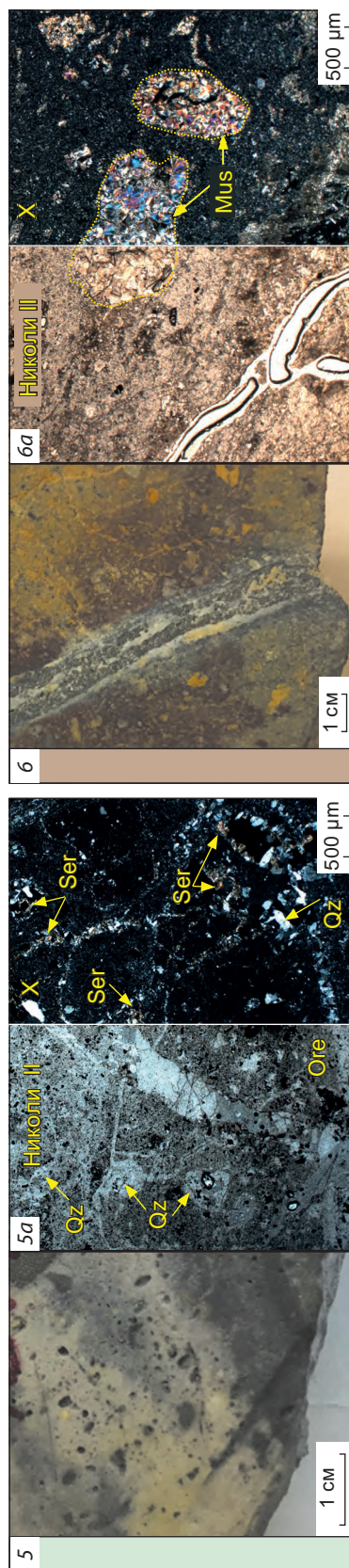


Рис. 2. Схематический геологический разрез и фото штуфных образцов и шлифов основных разновидностей метасоматитов, проявленных в пределах рудной зоны Эми (ранний рудный этап):

1 – монокварциты; 2 – брекчиевые кварциты; 3 – алунитовые кварциты; 4 – диккитовые кварциты; 5 – кварц-серцитовые метасоматиты; 6 – метаандезиты и метатуфы; 7 – точки отбора образцов; 1а – трещинно-пористый монокварцит с текстурами обрастаний друзидным кварцем (Qz) и вкрапленностью рудных минералов (Ore); 2а – брекчированный монокварцит с аллотриоморфнозернистой основной массой микрозернистого кварца с зональными кристаллами эвгдрального кварца (Qz), образующего полости (Vug) и обломки пород, и неравномерно-распределённой рудной вкрапленностью (Ore); 3а – алунитовый кварцит с трещиновато-прожилковым заполнением алунитом (Alu) основной кварц-глинистой (Qz+Clay) массы пористого (Qz) метасоматита; 4а – диккитовый кварцит, сложенный микрозернистым кварцем (Qz) и мелкочешуйчатым диккитом (Dck) с рудными протяжёнными зонами (Ore), ассоциирующими с друзвидным кварцем поздней генерации; 5а – кварц (Qz)-серцитовые (Ser) метасоматиты с отдельными вкрапленными рудными минералами (Ore) и серцит-кварцевыми прожилками; 6а – метаандезиты с реликтовыми вкрапленниками плагиоклазов, полностью замещённых мусковитом (Mus) на фоне изменённой основной массы стекла

Fig. 2. Schematic geological section and photos of ore samples and thin sections of the main varieties of metasomatites manifested within the Emi ore zone (early ore stage):

1 – monoquartzites; 2 – breccia quartzites; 3 – alunite quartzites; 4 – dickite quartzites; 5 – quartz-sericite metasomatites; 6 – metaandesites and metatuffs; 7 – sampling points; 1a – fissure-porous monoquartzite with overgrown textures of drusy quartz (Qz) and dissemination of ore minerals (Ore); 2a – brecciated monoquartzite with an allotriomorphic grained groundmass of microgranular quartz with zoned crystals of euhedral quartz (Qz), overgrowing cavities (Vug) and rock fragments, and unevenly distributed ore dissemination (Ore); 3a – alunite quartzite with fractured-veined filling with alunite (Alu) of the main quartz-clayey (Qz+Clay) mass of porous (Qz) metasomatite; 4a – dickite quartzite composed of microgranular quartz (Qz) and fine-flaky dickite (Dck) with extended ore zones (Ore) associated with late-generation drusy quartz; 5a – quartz (Qz)-sericite (Ser) metasomatites with individual phenocrysts of ore minerals (Ore) and sericite-quartz veinlets; 6a – metaandesites with relict phenocrysts of plagioclase, completely replaced by muscovite (Mus) on the background of an altered groundmass of glass



вания позднего этапа, выбрана зона Елена, расположенная в центральной части палеовулканической постройки уракского времени (см. рис. 1).

Проведённый нами анализ каменного материала показал, что околорудные изменения вмещающих пород представлены главным образом вторичными кварцитами (монокварциты и брекчированные кварциты (рис. 3, *a–c*)), алуниновыми (см. рис. 3, *d*) и диккитовыми (см. рис. 3, *g*) кварцитами, а также их окисленными (см. рис. 3, *a*) и переходными (см. рис. 3, *e, f*) разновидностями. Монокварцитовые тела обрамляются алуниновыми кварцитами, при этом на локальных участках прослеживается переход от монокварцитов к диккитовым, алунит-диккитовым и алуниновым кварцитам (в вертикальном разрезе).

Внутри алуниновой залежи наблюдается зональное распределение алунита в микрозернистом кварцевом базисе. Это выражается в постепенном увеличении содержания алунита от периферии (20–25 %) к осевой части залежи (до 50 %). Увеличение содержания алунита сопровождается уменьшением размеров кристаллов и их более равномерным распределением в основной массе породы – в периферийных частях алунит представлен порфиробластовыми включениями длиннопризматических кристаллов размером до 1 мм (см. рис. 3, *d*), в осевой – тонкозернистым агрегатом. В алуниновых кварцитах также отмечаются прослои монокварцитов и алунит-диккитовых кварцитов.

Детальная петрографическая характеристика метасоматитов позднего этапа. Монокварциты сложены аллотриоморфнозернистым микрозернистым кварцем (0,01–0,05 мм), среди которого выделяются более крупные зёрна, как единичные, так и в виде изометрических и линейных скоплений микро- и мелкозернистого мозаичного кварца (до 1 мм). При окислении в межзерновом пространстве основной массы обильно развиваются гидроксиды железа (см. рис. 3, *a*). В пределах рудной зоны Елена по наличию минералов гипергенной стадии – лимонита, ярозита, микасаита, дидохита, церуссита, бурнонита – диагности-

руется зона окисления общей мощностью до 80 м (см. рис. 3).

В породах развита рудная минерализация, в некоторых образцах содержание рудных минералов, главным образом пирита, достигает 10–15 %. Породы часто трещиноватые. Ширина трещин – 10 мм. Их стенки обрастают идиоморфным кварцем, образуя крустификационную текстуру. Часто встречаются относительно мощные зияющие трещины (> 0,5 мм).

Брекчированные разновидности сложены аллотриоморфнозернистым кварцем, который развивается по первичным обломкам размером в поперечнике до 3 мм (см. рис. 3, *c*). Межобломочное пространство заполняется сцементированным кремнисто-глинистым агрегатом, образующим полосы и вытянутые зоны. Среди основной массы фиксируются многочисленные каверны и пустоты размером от 0,05 до 1,5 мм.

В зависимости от форм нахождения алунита в пределах участка Елена выделяются два типа *алуниновых кварцитов*. Для первого характерно присутствие алунита в виде скоплений крупных (до 1 мм по удлинению) кристаллов, часто порфириовидных, находящихся среди основной микрозернистой кварцевой массы, а также заполняющих каверны и трещины (см. рис. 3, *d*). Второй тип алунита представлен микрозернистыми (до 0,05 мм) удлинёнными кристаллами, равномерно распределёнными среди кварца и образующими скопления. Для этого типа характерно максимальное содержание алунита (до 50 %).

Равномернозернистый кварц в основной массе встречается редко. Алунит присутствует в трёх генерациях: микро- и мелкозернистые (0,01–0,05 мм) кристаллы вытянутой призматической формы, равномерно рассредоточенные среди кварца в основной массе и (или) образующие мономинеральные скопления; микро- и мелкозернистые кристаллы вытянутой призматической и таблитчатой форм, заполняющие каверны и трещины (вплоть до мономинеральных прожилков мощностью до 0,5 мм); порфиробластовые включения длиннопризматических кристаллов алунита (см. рис. 3, *d*). Породы содержат реликты кристалло-



кластов (полевые шпаты, роговая обманка) таблитчатой и вытянутой призматической форм. При окислении в реликтах отмечаются гидроксиды железа.

К прожилковому кварцу приурочена густая вкрапленность зёрен рудных минералов, а также их гнёзда, прожилки, просечки; в основной массе рудные минералы образуют единичные зёрна, а также гнездовидные скопления.

Иллит-хлоритовые метасоматиты характеризуются значительным замещением кристаллокластической структуры исходных пород, что устанавливается по наличию единичных реликтовых зёрен плагиоклаза. Основная масса представлена аллотриоморфнозернистым, микрокристаллическим кварцем. Местами в основной массе прослеживаются микрокристаллы (лейсты) плагиоклазов. Изменения исходных минералов связаны с появлением иллита и хлорита (см. рис. 3, е). Основная масса имеет многочисленные поры и трещины.

Алунит-диккитовые кварциты являются переходными породами между алунитовыми и диккитовыми разностями.

Диккитовые кварциты обрамляют залежи монокварцитов, а также образуют в них линзы. Диккит присутствует в двух разновидностях: микрозернистые чешуйчатые кристаллы (0,02–0,04 мм), равномерно распределённые среди кварца в основной массе и (или) образующие мономинеральные скопления (предположительно более ранняя генерация); микро- и мелкозернистые чешуйчатые и таблитчатые кристаллы (до 0,2 мм), заполняющие поровое пространство и значительно реже трещины (см. рис. 3, г). Диккит этой разновидности наиболее отчётливо проявляется в приконтактных зонах с алунитовыми кварцитами и монокварцитами (см. рис. 3, разрез).

Парагенетическая последовательность минералообразования раннего этапа, проявленного в пределах зоны Эми. Гидротермально-рудный процесс раннего рудного этапа характеризуется пятью стадиями (дорудная, ранняя сульфатно-сульфидная, рудная 1, рудная 2, гипергенная), формирующими различные минеральные комплексы: рутил-серицит-кварцевый, пирит-диккит-алунит-кварцевый, полиметаллическо-пирит-кварцевый,

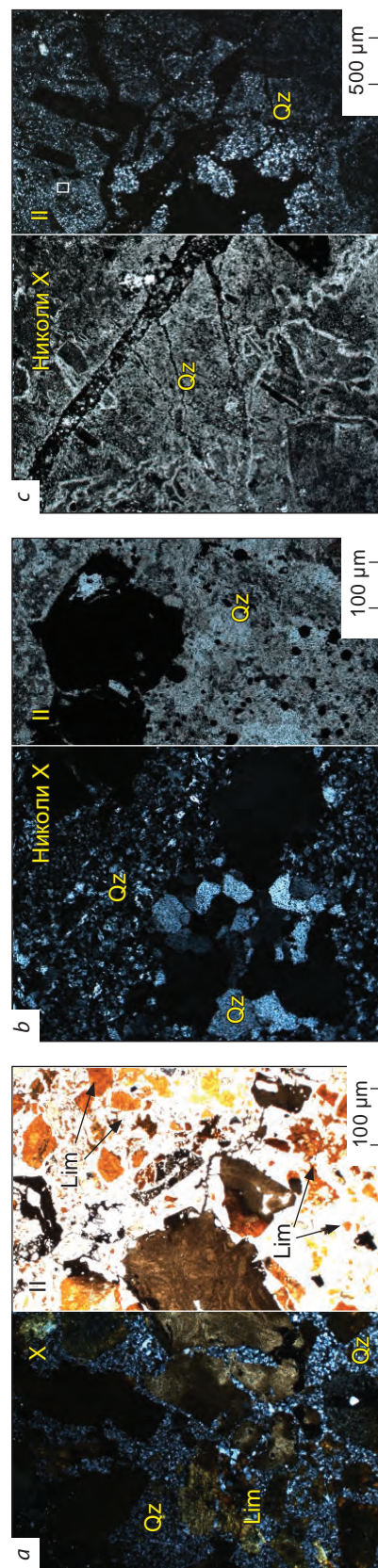
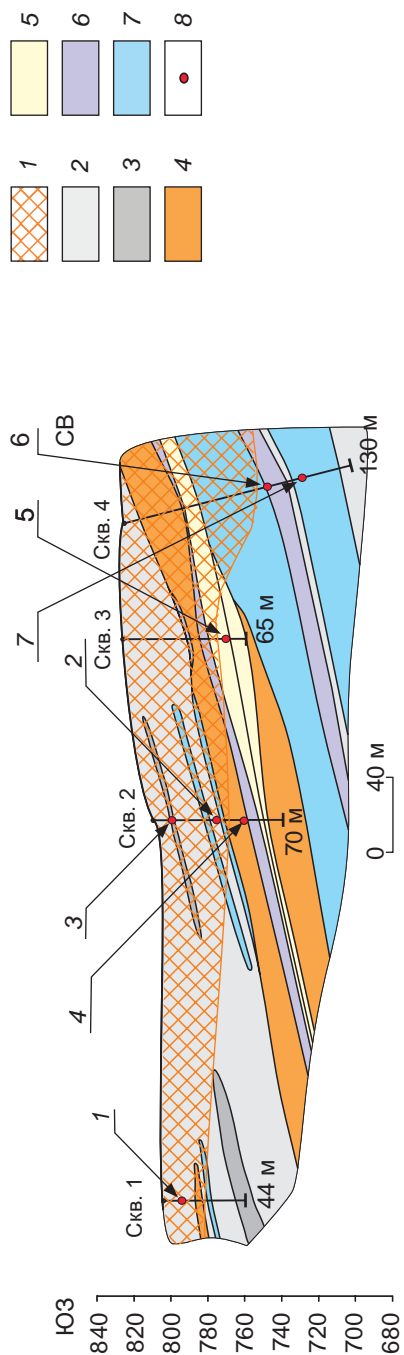
теллуридный с золотом и серебром, гипергенный с переотложенным золотом (табл. 1).

Рутил-серицит-кварцевый комплекс – наиболее ранний (*дорудная стадия*). Кварц (I) разнозернистый с преимущественно мозаичной текстурой, среди которого формируются мелкокристаллические (не более 10 мкм) скопления игольчатого рутила. Рутил (I) местами замещает исходные силикаты, кристаллизуясь по их межплоскостным дефектам или спайности. Серицит как результат замещения исходных слюд (мусковит, биотит) образует отдельные мелкочешуйчатые скопления. Также в эту стадию формируется пиррофиллит, в менее глубинных условиях переходящий в иллит или иллит-сметтит.

В раннюю *сульфатно-сульфидную стадию* образовался пирит-диккит-алунит-кварцевый комплекс со следующими проявлениями минералов: кварц (II), алунит, диккит, пирит (I), иллит, каолинит, кальцит, рутил (II). Кварц (II) характеризуется преимущественно микро- и мелкозернистой структурой с крустификационно-прожилковой текстурой. При активности кислых флюидов формируется алунит-диккитовая ассоциация. Пирит (I) преимущественно мелкозернистый. Рутил (II) отличается от предыдущей стадии соизмеримым с пиритом (I) размером зёрен (рис. 4, а).

Стадия *рудная 1* (см. табл. 1) завершилась формированием полиметаллическо-пирит-кварцевого комплекса. Основным жильным минералом стадии является кварц, рудным – пирит. Пирит (II) характеризуется неправильным, изометрическим, кубическим габитусом кристаллов размерностью ~ 0,05–0,5 мм, местами он катаклазирован, разбит трещинами и выщелочен, в порах выщелачивания заполнен доломитом и кварцем (см. рис. 4, а, б), а также содержит сингенетичные мелкие (до 10 мкм) включения галенита и сфалерита с примесью меди (см. рис. 4, а), по трещинам катаклаза замещается блёклыми рудами (II) следующего теллуридного этапа (см. рис. 4, б). По сравнению с пиритом более ранней генерации пирит (II) имеет более крупный размер кристаллов (см. рис. 4, а, б).

Стадия *рудная 2* способствовала образованию теллуридного комплекса с золотом и се-



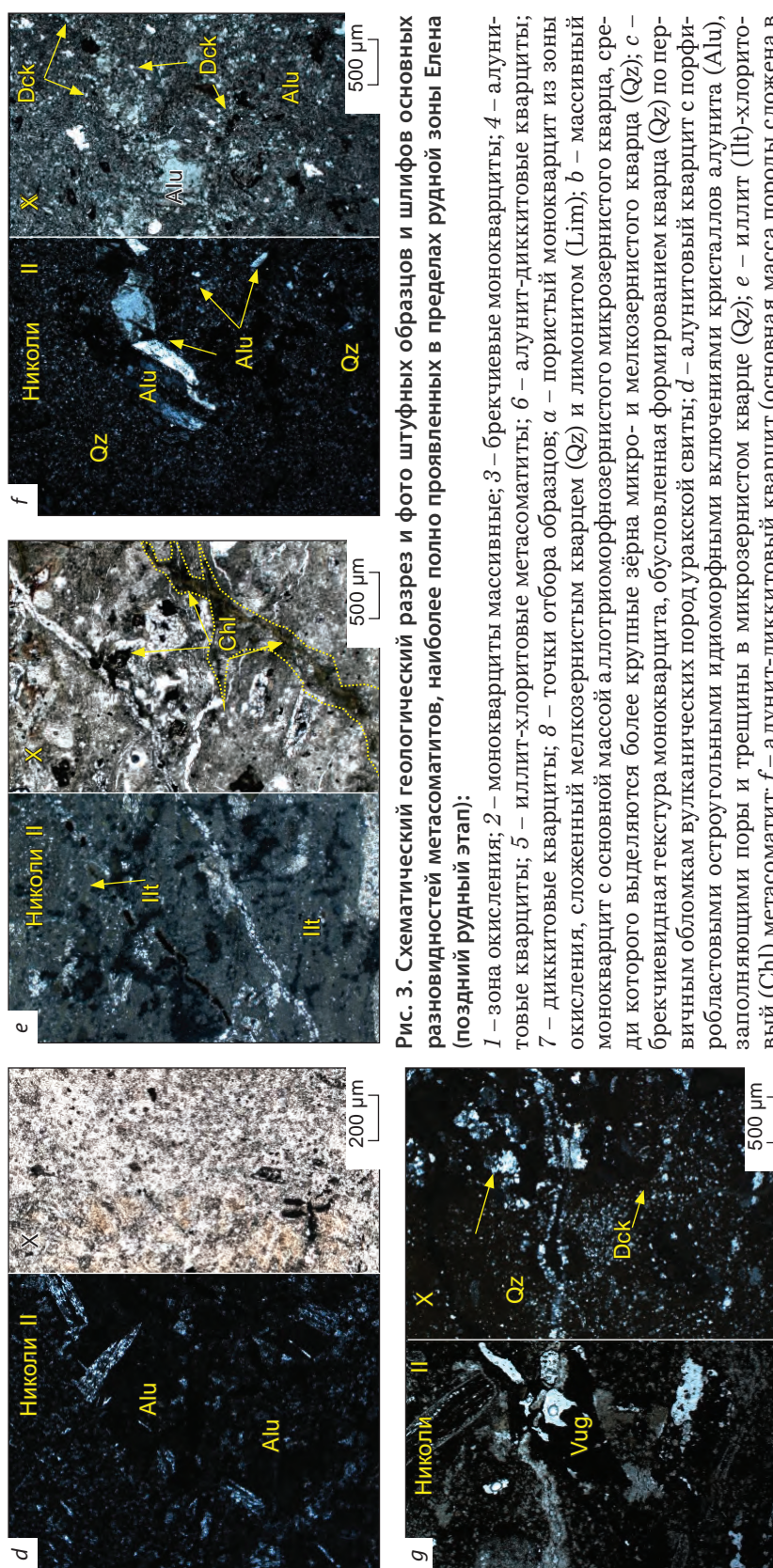


Рис. 3. Схематический геологический разрез и фото штучных образцов и шлифов основных разновидностей метасоматитов, наиболее полно проявленных в пределах рудной зоны Елена (поздний рудный этап):

1 – зона окисления; 2 – монокарциты массивные; 3 – брекчиевые монокарциты; 4 – алунитовые кварциты; 5 – иллит-хлоритовые метасоматиты; 6 – алунит-диккитовые кварциты; 7 – диккитовые кварциты; 8 – точки отбора образцов; а – пористый монокарцит из зоны окисления, сложенный мелкозернистым кварцем (Qz) и лимонитом (Lim); б – массивный монокарцит с основной массой аллотриоморфнозернистого микрозернистого кварца, среди которого выделяются более крупные зёрна микро- и мелкозернистого кварца (Qz); в – брекчиевидная текстура монокарцита, обусловленная формированием кварца (Qz) по первичным обломкам вулканических пород уражской свиты; д – алунитовый кварцит с порфиробластовыми остроугольными идиоморфными включениями кристаллов алунита (Alu), заполняющими поры и трещины в микрозернистом кварце (Qz); е – иллит (Illt)-хлоритовый (Chl) метасоматит; ф – алунит-диккитовый кварцит (основная масса породы сложена в равных долях аллотриоморфнозернистым микрозернистым кварцем (Qz), пластинчатými кристаллами диккита (Dck) и идиоморфными кристаллами алунита (Alu) длиннопризматической формы); г – диккитовые кварциты, представленные несколькими генерациями аллотриоморфнозернистого и микрокристаллического кварца (Qz), а также чешуйчатыми агрегатами диккита (Dck) поздней генерации, заполняющего трещины и поры породы

Fig. 3. Schematic geological section and photos of massive samples and thin sections of metasomatic rocks, most fully manifested within the Elena ore zone (late ore stage):

1 – oxidation zone; 2 – massive monoquartzites; 3 – breccia monoquartzites; 4 – alunite-quartzites; 5 – illite-chlorite metasomatites; 6 – alunite-dickite quartzites; 7 – dickite quartzites; 8 – sampling points; а – porous monoquartzite from the oxidation zone, composed of fine-grained quartz (Qz) and limonite (Lim); б – massive monoquartzite with the bulk of allotriomorphic-grained microgranular quartz, among which larger grains of micro- and fine-grained quartz (Qz) stand out; в – breccia-like texture of monoquartzite, caused by the formation of quartz (Qz) on primary fragments of volcanic rocks of the Uraj formation; д – alunite-quartzite with porphyroblastic acute-angled euhedral inclusions of alunite crystals (Alu) filling pores and cracks in microgranular quartz (Qz); е – illite (Illt)-chlorite (Chl) metasomatite; ф – alunite-dickite quartzite. The bulk of the rock is composed in equal parts of allotriomorphic microgranular quartz (Qz), plate-like dickite crystals (Dck) and euhedral alunite crystals (Alu) of long-prismatic shape; г – dickite quartzites, represented by several generations of quartz (Qz) allotriomorphic granular and microcrystalline, as well as scaly aggregates of dickite (Dck) of the late generation, filling cracks and pores of the rock



Табл. 1. Парагенетическая схема минералообразования в рудах и метасоматитах рудной зоны Эми

Table 1. Paragenetic scheme of mineral formation in ores and metasomatites of the Amy ore zone

Стадии	Дорудная	Ранняя сульфатно-сульфидная	Рудная 1	Рудная 2	Пострудная гипергенная
Минеральные комплексы	Рутил-серицит-кварцевый	Пирит-диккит-алунит-кварцевый	Полиметаллическо-пирит-кварцевый	Теллуридный с золотом и серебром	Гипергенный с переотложенным золотом
1	2	3	4	5	6
Пирит		(I)	(II)	(III)	
Галенит			_____		
Сфалерит			_____		
Ковеллин					_____
Арсенопирит				_____	
Халькопирит			(I)	(II)	
Ютенбогардтит				_____	
Теннантит-тетраэдрит			(I)	(II)	
Голдфилдит				_____	
Эмплектит				_____	
Хемусит				_____	
Калаверит				_____	
Сильванит				_____	
Мутманнит				_____	
Петцит				_____	
Гессит				_____	
Штютцит				_____	
Колорадоит				_____	
Мелонит				_____	
Алтаит				_____	
Теллуран-тимон				_____	
Теллуру-висмутит				_____	
Кавацулит				_____	
Самородное Au			(I a)	(I b)	(II)
Самородный Te				_____	
Кварц	(I)	(II)	(III)	(IV)	
Алунит		_____			
Рутил	(I)	(II)			
Барит		_____	_____		
Доломит				_____	



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Англезит					=====
Целестин					=====
Микасаит					=====
Смешанные фосфаты и сульфаты Sb и Te				=====	=====
Диккит			=====		
Каолинит			=====		
Серицит	=====				
Пирофиллит					
Иллит		=====			
Сепиолит					=====

Примечание.

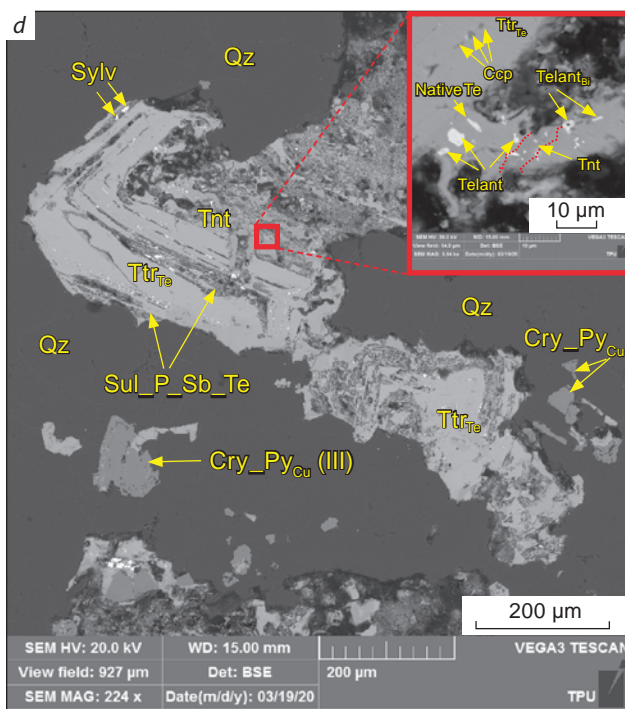
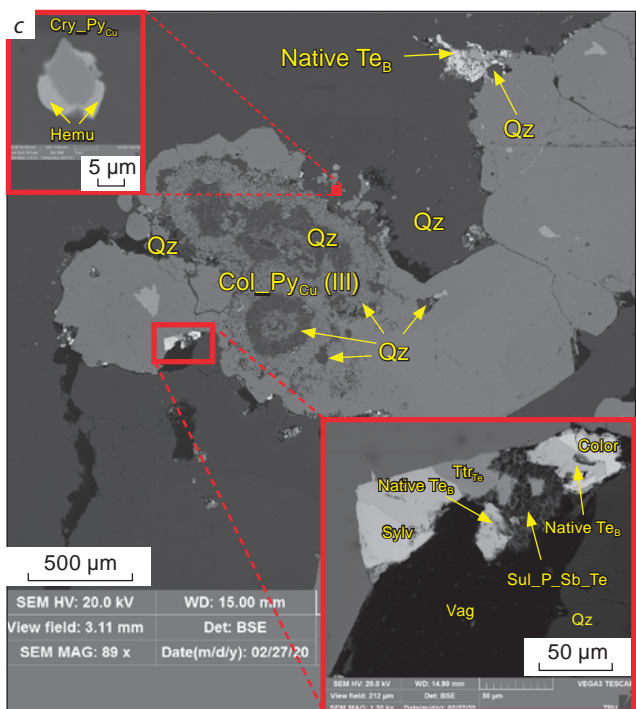
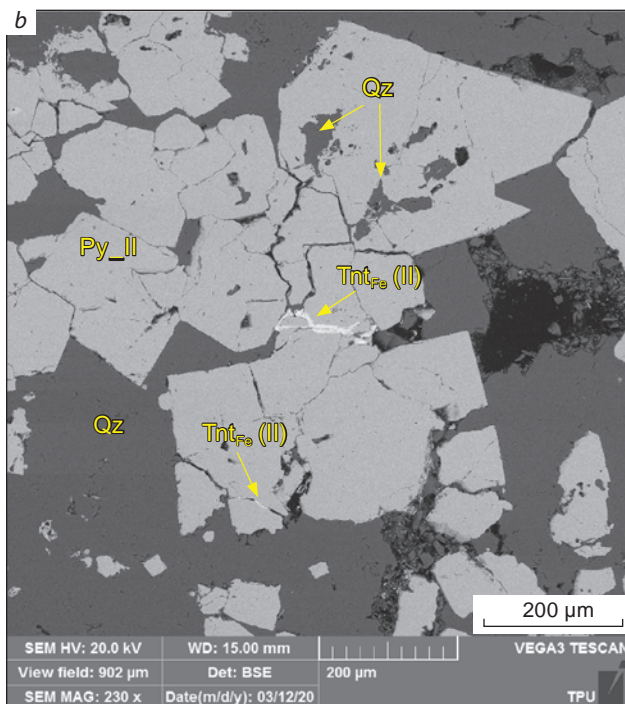
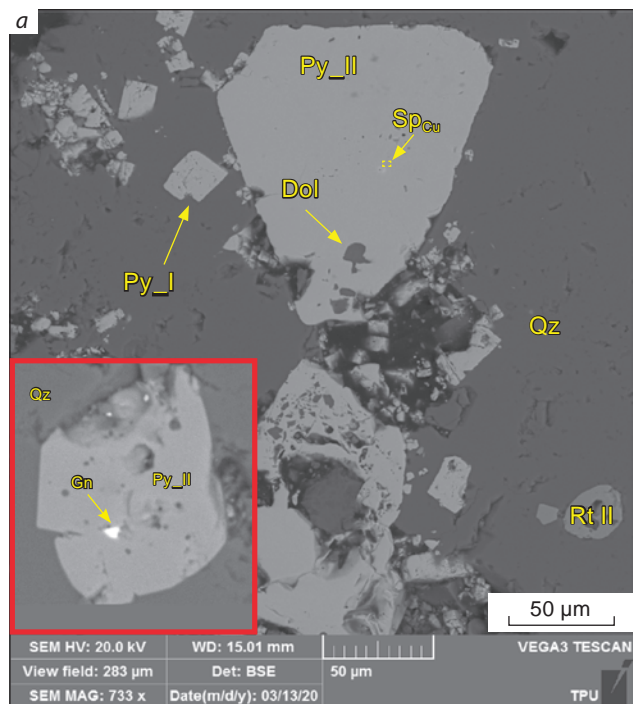
- ===== > 50 %
- ===== 50–25 %
- ===== 25–5 %
- ===== 5–1 %
- ===== < 1 %
- растворение

Пирит $(\text{Fe}_{0,87-1,13}, \text{Cu}_{0,0-0,12}, \text{As}_{0,0-0,02}, \text{Sb}_{0,0-0,06}, \text{Te}_{0,006-0,03})(\text{S}, \text{Se}_{0,0-0,01})_2$
 Галенит $(\text{Pb}_{0,89-1,12}, \text{Fe}_{0,0-0,14})\text{S}$
 Сфалерит $(\text{Zn}_{0,74-1,0}, \text{Fe}_{0,01-0,11}, \text{Cu}_{0,01}, \text{Na}_{0,19})\text{S}$
 Ковеллин $(\text{Cu}_{0,81-0,88}, \text{Fe}_{0,03-0,13})\text{S}$
 Арсенопирит $\text{Fe}_{1,09-1,26}\text{As}_{0,77-0,78}\text{S}$
 Халькопирит $(\text{Cu}_{0,68-1,09}, \text{Fe}_{0,66-1,19})\text{S}_2$
 Ютенбогаардтит $(\text{Ag}_{3,42-3,61}, \text{Au}_{0,67-0,74}, \text{Fe}_{0,16-0,29})\text{S}_2\text{Te}_{0,07-0,12}$
 Теннантит-тетраэдрит $(\text{Cu}_{2,93-11,99}, \text{Fe}_{0,0-6,44}, \text{Zn}_{0-1,74}, \text{Ag}_{0,0-0,36})(\text{Sb}_{0,0-3,88}, \text{As}_{0,0-4,0}, \text{Bi}_{0,0-0,51}, \text{Te}_{0,0-2,68})\text{S}_{13}$
 Голдфилдит $(\text{Cu}_{9,93-12,0}, \text{Fe}_{0,0-1,74}, \text{Ag}_{0-0,36})(\text{Te}_{1,41-2,68}, \text{Sb}_{0,0-2,54}, \text{Bi}_{0,0-0,28}, \text{As}_{0,0-1,28})\text{S}_{13}$
 Эмплектит $(\text{Cu}_{0,42-0,45}, \text{Fe}_{0,40-0,46})(\text{Bi}_{0,69-0,65}, \text{Ag}_{0,07-0,09})(\text{S}_{1,96}, \text{Se}_{0,04})$
 Хемусит $(\text{Cu}_{5,46-6,27}, \text{Fe}_{0,0-0,33})\text{Sn}_{0,75-1,07}(\text{Mo}_{0,93-1,32}, \text{Sb}_{0,0-0,27})\text{S}_8$
 Калаверит $\text{Au}_{0,71-0,91}\text{Ag}_{0,0-0,19}, \text{Fe}_{0,0-0,19}, \text{Cu}_{0,0-0,15}\text{Te}_2$
 Сильванит $(\text{Au}_{0,86-1,67}, \text{Ag}_{0,4-2,31}, \text{Fe}_{0,06-0,39}, \text{Mo}_{0,2-0,77}, \text{Ta}_{0,04-0,08}\text{Te}_4)$
 Мутманнит $\text{Au}_{0,55}\text{Ag}_{1,26}\text{Fe}_{0,18}\text{Mo}_{0,05}\text{Te}_2$
 Петцит $\text{Ag}_{2,93-3,4}\text{Au}_{0,93-0,97}, \text{Fe}_{0,17-0,44}\text{Te}_2$
 Гессит $\text{Ag}_{1,71}\text{Au}_{0,1}\text{Te}$
 Штютцит $\text{Ag}_{4,43-5,14}\text{Au}_{0,06-0,07}, \text{Fe}_{0,6}, \text{Bi}_{0,15}\text{Te}_3$
 Колорадоит $\text{Hg}_{0,77-0,94}\text{Te}$
 Мелонит $\text{Ni}_{0,92-1,00}\text{Te}_2$
 Алтаит $\text{Pb}_{0,90}\text{Te}$
 Теллурантимон $\text{Sb}_{1,65-2,2}, \text{Bi}_{0,15-0,7}\text{Te}_3$
 Теллурувисмутит $\text{Bi}_{1,82-1,93}\text{Te}_3$
 Кавацулит $\text{Bi}_{2,65-3,08}\text{Te}_{2,88-3,3}\text{Se}$

ребром. Основной жильный минерал – кварц, рудные – пирит, блёклые руды, халькопирит. Пирит представлен двумя морфологическими разновидностями: колломорфной и кристаллической. Колломорфный пирит слагает центральные части совместных выделений с кристаллическим пиритом (см. рис. 4, с), поэтому,

несмотря на различные проявления структурного строения, они отнесены к одной стадии, соответствующей III генерации пирита.

Химизм – ещё один признак объединяющий различные морфологические разновидности пирита теллуридной ассоциации. Обе разновидности содержат примесь Cu и в мень-



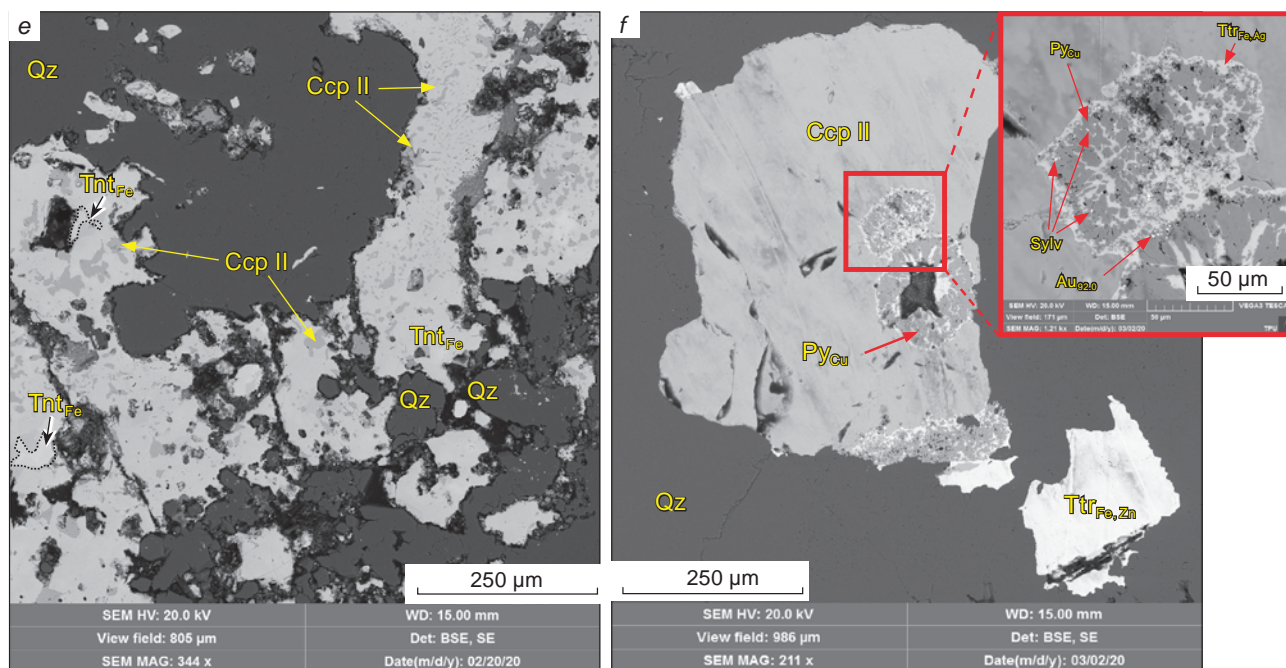


Рис. 4. Основные минеральные комплексы, проявленные в пределах раннего рудного этапа (зона Эми):

a – кристаллы пирита (II) (Py_{II}), содержащие сингенетические включения сфалерита с примесью Cu (Sp_{Cu}) и эпигенетические включения доломита (Dol), заполняющие пустоты выщелачивания. Сингенетичный кристалл галенита в пирите (II); *b* – катакластический пирит (II), заполняющийся по трещинам железосодержащим теннантитом (Tnt_{Fe}) и кварцем (Qz); *c* – коломорфный агрегат пирита (III) ($Col_{Py_{Cu}}$ (III)), обрастающий кристаллическим ($Cry_{Py_{Cu}}$ (III)) в ассоциации с хемуситом (Hemu), сильванитом (Sylv), самородным теллуридом с примесью В (Native Te_B), тетраэдритом с примесью Fe (Ttr_{Fe}) и колорадоитом (Color); *d* – зерно блёклой руды (тетраэдрит с примесью Te (Tnt_{Te})-теннантит (Tnt)), содержит включения халькопирита (Ccp) и теллурантимонита (Telant), в ассоциации с пиритом (III). Смешанные сульфосфосфаты Sb и Te (?) ($Sul_{P_Sb_Te}$) с сильванитом (Sylv), приуроченным к трещинам блёклой руды; *e* – эмульсионные включения халькопирита (Ccp) и тетраэдрита (Ttr_{Fe}) в матрице теннантита (Tnt_{Fe}); *f* – включения коломорфного медьсодержащего пирита (Py_{Cu} (III)) с тетраэдритом ($Ttr_{Fe,Ag}$), межзерновое пространство которого заполнено сильванитом (Sylv) и самородным золотом ($Au_{92,0}$) в зерне халькопирита

Fig. 4. The main mineral complexes manifested within the early ore stage (Emi zone):

a – crystals of pyrite (II) (Py_{II}) containing syngenetic inclusions of sphalerite with an admixture of Cu (Sp_{Cu}) and epigenetic inclusions of dolomite (Dol) filling the voids of leaching. Syngenetic galena crystal in pyrite II; *b* – cataclastic pyrite (II), filled by cracks with iron-containing tennantite (Tnt_{Fe}) and quartz (Qz); *c* – colomorphous pyrite III aggregate ($Col_{Py_{Cu}}$ (III)), overgrown with crystalline one ($Cry_{Py_{Cu}}$ (III)) in association with hemusite (Hemu), sylvanite (Sylv), native tellurium with an admixture of B (Native Te_B), tetrahedrite with an admixture of Fe (Ttr_{Fe}) and coloradoite (Color); *d* – a grain of fahlore (tetrahedrite with an admixture of Te (Tnt_{Te})-tennantite (Tnt)), contains inclusions of chalcopyrite (Ccp) and tellurantimonite (Telant), in association with pyrite III. Mixed sulphosphates Sb and Te (?) ($Sul_{P_Sb_Te}$) with sylvanite (Sylv) confined to the cracks of fahlore; *e* – emulsion inclusions of chalcopyrite (Ccp) and tetrahedrite (Ttr_{Fe}) in the matrix of tennantite (Tnt_{Fe}); *f* – inclusions of colomorphous copper-containing pyrite (Py_{Cu} (III)) with tetrahedrite ($Ttr_{Fe,Ag}$), the intergranular space of which is filled with sylvanite (Sylv) and native gold ($Au_{92,0}$) in a chalcopyrite grain



шей степени Sb, Te, Se. Кристаллический пирит (III) характеризуется разнообразным габитусом кристаллов (призматическим, тетраэдрическим, пентагондодекаэдрическим и др.), отличным от кубической формы более ранней генерации. Пирит (III) находится в тесной парагенетической связи с блёклыми рудами (II), хемуситом ($\text{Cu}_{5,46-6,27}\text{Fe}_{0,0-0,33}\text{Sn}_{0,75-1,07}(\text{Mo}_{0,93-1,32}\text{Sb}_{0,0-0,27})\text{S}_8$, кавцулитом $\text{Bi}_{2,65-3,08}\text{Te}_{2,88-3,3}\text{Se}$, с которым он обнаруживает индукционные поверхности роста (см. рис. 4, с). Блёклые руды (II) имеют разнообразный химический состав, отражающий вертикальную зональность оруденения участка Эми [17]. Халькопирит (II) в отличие от ранней генерации полиметаллического минерального комплекса, где он ассоциирует с кубическим пиритом и повсеместно замещается ковеллином, находится в тесной парагенетической связи с блёклыми рудами (II), в которых образует эмульсионные включения (см. рис. 4, е), и пиритом (III), содержащим примесь меди (см. рис. 4, ф). Помимо этого, халькопирит (II) образует совместные ассоциации с наиболее ранними теллуридами никеля – мелонитом $\text{Ni}_{0,92-1,00}\text{Te}_2$, свинца – алтаитом $\text{Pb}_{0,90}\text{Te}$, висмута – теллуrowисмутитом $\text{Bi}_{1,82-1,93}\text{Te}_3$, сурьмы и висмута – теллурантимоном $\text{Sb}_{1,65-2,2}\text{Bi}_{0,15-0,7}\text{Te}_3$, золота и серебра – сильванитом ($\text{Au}_{0,86-1,67}\text{Ag}_{0,4-2,31}\text{Fe}_{0,06-0,39}\text{Mo}_{0,2-0,77}\text{Ta}_{0,04-0,08}\text{Te}_4$) (см. рис. 4, ф, табл. 2).

Сульфид серебра и золота ютенбогаардтит ($\text{Ag}_{3,42-3,61}\text{Au}_{0,67-0,74}\text{Fe}_{0,16-0,29}\text{S}_2\text{Te}_{0,07-0,12}$) образуется по аргентотетраэдриту ($\text{Ag}_{8,65}\text{Fe}_{1,83}\text{Cu}_{1,28}\text{Zn}_{0,62}$) ($\text{Sb}_{2,35}\text{As}_{1,59}\text{S}_{13}$) и находится в совместной минеральной ассоциации теллуридов серебра и золота с петцитом ($\text{Ag}_{2,93-3,4}\text{Au}_{0,93-0,97}\text{Fe}_{0,17-0,44}\text{Te}_2$), гесситом ($\text{Ag}_{1,71}\text{Au}_{0,1}\text{Te}$), штютцитом ($\text{Ag}_{4,43-5,14}\text{Au}_{0,06-0,07}\text{Fe}_{0,6}\text{Bi}_{0,15}\text{Te}_3$). Теллурид золота и серебра сильванит – наиболее распространённый золотосодержащий теллурид этого участка, он приурочен главным образом к наиболее ослабленным зонам, обогащённым теллуrom исходных теллуросодержащих блёклых руд и голдфилдита ($\text{Cu}_{9,93-12,0}\text{Fe}_{0,0-1,74}\text{Ag}_{0,0-0,36}(\text{Te}_{1,41-2,68}\text{Sb}_{0,0-2,54}\text{Bi}_{0,0-0,28}\text{As}_{0,0-1,28})\text{S}_{13}$, где он находится в совместной ассоциации с самородным теллуrom, колорадоитом $\text{Hg}_{0,77-0,94}\text{Te}$ и сульфософатами сурьмы и теллура.

Теллуриды золота и серебра калаверит и креннерит ($\text{Au}_{0,71-0,91}\text{Ag}_{0,0-0,19}\text{Fe}_{0,0-0,19}\text{Cu}_{0,0-0,15}\text{Te}_2$), а также мутманнит ($\text{Au}_{0,55}\text{Ag}_{1,26}\text{Fe}_{0,18}\text{Mo}_{0,05}\text{Te}_2$) распространены на большей глубине, нежели штютцит, петцит и ютенбогаардтит, отражая вертикальную зональность оруденения [4], и цементируют кристаллический медьсодержащий пирит (III) пентагондодекаэдрического и ромбододекаэдрического габитусов.

Самородное золото встречается в виде мелких кристаллов размером в первые микрометры в ассоциации с медьсодержащим пиритом (III) и блёклыми рудами (II) (см. рис. 4, ф). Мелкие (до 10 мкм) кристаллы арсенипирита ($\text{Fe}_{1,09-1,26}\text{As}_{0,77-0,78}\text{S}$) ромбовидного сечения обнаружены на глубине 8,8 м в ассоциации с кристаллическим пиритом (III), содержащим примесь меди. На этой же глубине установлен эмплектит ($\text{Cu}_{0,42-0,45}\text{Fe}_{0,40-0,46}(\text{Bi}_{0,69-0,65}\text{Ag}_{0,07-0,09})\text{S}_{1,96}\text{Se}_{0,04}$). Он представлен мелкими кристаллами и встречается в виде захваченного включения в пирите, содержащем примесь Cu, размерностью не более 5 мкм. Диагностирован по данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

К *гипергенной стадии* (см. табл. 1) относится формирование комплекса низкотемпературных гипергенных минералов. В результате процессов гипергенеза происходит перетолжение теллуридов золота в самородную форму, а также образование таких минералов, как ковеллин, микасаит, сепиолит за счёт замещения более ранних минералов.

Парагенетическая последовательность минералообразования позднего этапа ураковского времени, проявленного в пределах зон Елена, Людмила, Тамара и Лариса. Гидротермально-рудный процесс в зонах Елена, Лариса, Людмила и Тамара протекал в четыре стадии (табл. 3), формируя следующие минеральные комплексы (зоны): пирит-рутил-кварцевый, пирит-диккит-алунит-кварцевый (пирит-кальцит-хлорит-иллит-кварцевый), пирит-кварцевый с единичными полиметаллическими сульфидами и золотом, гипергенный.

Пирит-рутил-кварцевый комплекс – наиболее ранний при гидротермальном процессе (*дорудная стадия*), проявлен во всех зонах.



Кварц (I) разнозернистый с преимущественно мозаичной текстурой, среди него формируются мелкокристаллические (не более 10 мкм) скопления игольчатого рутила. Рутил образует решётчатую структуру замещения в кварце на месте исходных силикатов. Нередко в этой ассоциации встречается пирит (I) (рис. 5, *a, b*), по зернистости соответствующий рутилу. В пирите (I) макропримесей не отмечается.

В раннюю сульфатно-сульфидную стадию сформировался пирит-диккит-алунит-кварцевый комплекс со следующими проявлениями минералов: кварц (II), алунит, диккит, пирит (II), иллит, хлорит, барит, каолинит, кальцит, сванбергит, вудхаузеит. Кварц (II) характеризуется преимущественно микро- и мелкозернистой структурой с крустификационно-прожилковой текстурой (см. рис. 5, *b*). При активности кислых флюидов формируется диккит-алунитовая ассоциация (см. рис. 5, *b*). На определённом расстоянии от зоны кислотного выщелачивания, по периферии при повышении pH флюидов в условиях рудной зоны Лариса развивается пирит-кальцит-хлорит-иллит-кварцевая ассоциация (см. рис. 5, *c*).

В рудную стадию сформировался пирит-кварцевый минеральный комплекс с единичными полиметаллическими сульфидами, золотом и другими редкими самородными элементами. В качестве редких вкраплений образуются: золото, галенит, сфалерит, пирротин, халькопирит, киноварь, антимонит, блёклые руды (теннантит-тетраэдрит). Кварц (III) в рудную стадию имеет подчинённое значение и отличается преимущественно колломорфными текстурами. Несмотря на редкую сульфидную минерализацию, в данном комплексе основную роль играет золото, большой объём которого осаждался именно в эту стадию. Минерализация крайне убогая и имеет микроскопическую размерность. Чаше остальных встречаются самородное золото, галенит, сфалерит, халькопирит, киноварь (см. рис. 5, *d*). Пирит (III) характеризуется убогой вкрапленностью и микрозернистостью (см. рис. 5, *d*). В ходе дальнейшей активности растворов происходит растворение и замещение первичных сульфидов (галенита бурнонитом), формиру-

ются иодаргирит, акантит, самородные сера, селен, теллур, висмут. Золото рудной стадии отличается отдельной вкрапленностью с размерностью не более 2,9 мкм. Данная генерация самородного золота характеризуется следующим составом (%): Au (66,1–97,8), Ag (2,2–10,1), Cu в единичных случаях до 24,6, Hg до 15,5. В завершении рудной стадии сформировались низкотемпературные формы серебра (акантит) в ассоциации с редкими формами теллуридов, которые впоследствии окислились с образованием гидроксидов железа и ярозита. Самородные формы серы, селена, теллура (и их вариации), висмута осаждались как конечные фазы гидротермального флюида.

Заключительной стадией минералообразования является *гипергенная*, в результате которой формируются минеральный комплекс низкотемпературных сульфатных фаз (ярозит, микасаит, гидроксиды с переотложенным высокопробным золотом (см. рис. 5, *e, f*), продукты изменения первичных сульфидов (англезит, церуссит, микасаит, диадахит)). Золото (II) агрегируется в неправильные формы среди пористого пространства кварцитов. Размер таких агрегатов изменяется от долей микрометра до 34,6 мкм. Доля Ag варьирует в пределах 3,2–8,4 %, иногда отмечаются примеси Se 2,4–2,6 %, Te 1,1 %.

Закключение. Главной отличительной особенностью раннего рудного этапа является активное участие в процессах рудообразования теллура и в меньшей степени селена, что отразилось в проявлении обильной теллуридной минерализации, представленной собственными минералами теллура – мелонитом, алтаитом, теллуантимоном, теллурвисмутином, кавацулитом и др., обогащении блёклых руд теллуrom вплоть до образования собственной разновидности – голдфилдита, обогащении теллуrom пирита, халькопирита, сфалерита и наличии Au-Ag-Te типа оруденения [4, 8].

Месторождения, обогащённые теллуrom, могут рассматриваться как продукты гидротермальных растворов, связанных с магматической активностью в условиях субдукции, т. е. в качестве источника теллура рассматривается океаническая кора [7]. На территории

Табл. 2. Состав отдельных рудных минералов по данным энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа

Table 2. Composition of individual ore minerals according to energy dispersive X-ray spectral analysis

Номера проб	S	Fe	Cu	Sn	Sb	Mo	Bi	Te	Se	Au	Ag	Ta	As	Sb	Сумма, вес. %	Минерал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
95_1	29,91	0,82	42,59	11,51	2,24	12,94	-	-	-	-	-	-	-	-	100,01	Хемусит
95_1	29,96	0,75	43,45	10,82	2,22	12,77	-	-	-	-	-	-	-	-	99,97	Хемусит
96_2	29,87	-	40,5	14,83	-	12,97	-	-	-	-	-	-	-	-	99,74	Хемусит
98	30,19	0,49	40,85	11,56	2,26	12,81	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	Хемусит
98	29,01	-	43,88	10,29	2,47	14,35	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	Хемусит
106	30,05	1,1	42,55	14,23	-	12,07	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	Хемусит
96_2	-	-	-	-	-	-	54,49	36,06	7,76	-	-	-	-	-	98,31	Кавацулит
96_2	-	-	-	-	-	3,88	53,67	34,26	6,58	-	-	-	-	-	98,39	Кавацулит
95_1	-	-	-	-	-	-	-	59,2	-	26,75	12,83	-	-	-	98,78	Сильванит
95_1	-	-	-	-	-	-	-	61,54	-	23,77	13,19	-	-	-	98,5	Сильванит
95_1	-	-	-	-	-	-	-	61,59	-	22,57	13,41	-	-	-	97,57	Сильванит
95_1	-	-	-	-	-	-	-	62,37	-	23,62	13,42	-	-	-	99,41	Сильванит
95_2	-	0,67	-	-	-	-	-	61,61	-	24,41	13,32	-	-	-	99,34	Сильванит
96_2	-	-	-	-	-	-	-	61,81	-	24,47	12,51	-	-	-	98,79	Сильванит
96	-	-	-	-	-	-	-	62,63	-	24,23	13,14	-	-	-	100,00	Сильванит
96	-	-	-	-	-	-	-	62,4	-	23,99	13,62	-	-	-	100,01	Сильванит
98	-	-	-	-	-	-	-	63,49	-	21,86	12,67	-	-	-	98,02	Сильванит
106	-	-	-	-	-	-	-	60,66	-	24,48	13,02	-	-	-	98,16	Сильванит



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
93_1	10,15	1,08	-	-	-	-	-	1,33	-	23,19	61,72	-	-	-	97,47	Югенбогаардит
93_1	10,81	1,06	-	-	-	-	-	2,48	-	22,91	62,32	1,1	-	-	99,58	Югенбогаардит
93_1	26,81	6,07	36,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,24	21,34	96,51	Аргентогетраэдрит
95	26,22	6,54	39,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4	16,62	97,15	Аргентогетраэдрит
100p	25,95	6,73	37,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,29	19,87	96,17	Аргентогетраэдрит
93_1	-	1,98	-	-	-	-	-	32,8	-	24,15	41,92	-	-	-	100,85	Петцит
93_1	-	3,01	-	-	-	-	-	31,03	-	23,24	40,08	-	-	-	97,36	Петцит
93_1	-	0,89	-	-	-	0,92	-	34,00	-	9,48	51,94	-	-	-	97,23	Гессит
93_1	-	-	-	-	-	-	-	32,58	-	2,39	47,19	-	-	-	97,59	Гессит
126	-	-	-	-	-	-	1,61	34,67	-	11,54	51,83	-	-	-	99,65	Гессит
93_1	-	0,89	-	-	-	0,92	-	34	-	9,48	51,94	-	-	-	97,23	Штюцит
93_1	2,16	3,63	-	-	-	-	-	40,2	-	1,32	52,33	-	-	-	99,64	Штюцит
126	-	-	-	-	-	-	1,61	34,67	-	11,54	51,83	-	-	-	99,65	Штюцит
93_1	-	-	-	-	-	-	-	32,58	-	2,39	47,19	-	-	-	97,59	Штюцит
95_1	26,88	-	45,62	-	5,16	-	-	19,3	-	-	-	-	3,03	-	99,99	Голдфиллит
98	25,81	1,84	43,21	-	4,92	-	-	19,03	-	-	0,45	-	2,01	-	100,00	Голдфиллит
98p	27,29	1,19	43,98	-	7,47	-	-	18,5	-	-	-	-	3,51	-	98,28	Голдфиллит
208	29,39	-	47,74	-	7,57	-	-	15,3	-	-	-	-	-	-	100,00	Голдфиллит
126	-	-	-	-	-	-	-	57,49	-	39,13	3,38	-	-	-	100,00	Калаверит
126	-	-	-	-	-	-	-	57,46	-	37,99	3,26	1,28	-	-	99,99	Калаверит
126	-	-	-	-	-	-	-	56,71	-	38,5	3,34	-	-	-	98,55	Калаверит



Табл. 3. Парагенетическая последовательность минералообразования в рудах и метасоматитах зон Елена, Людмила, Тамара и Лариса

Table 3. Paragenetic sequence of mineral formation in ores and metasomatites of the Elena, Lyudmila, Tamara and Larisa zones

Стадии	Дорудная	Ранняя сульфатно-сульфидная	Рудная	Гипергенная
Минеральные комплексы	Пирит-рутил-кварцевый	Пирит-диккит-алунит-кварцевый / пирит-кальцит-хлорит-иллит-кварцевый	Пирит-кварцевый с единичными полиметаллическими сульфидами и золотом	Гипергенный с переотложенным золотом
1	2	3	4	5
Пирит	(I)	(II а) (II б)	(III а) (III в)	
Галенит			—	
Сфалерит			—	
Ковеллин				—
Пирротин			—	
Киноварь			—	
Антимонит			—	
Акантит				—
Халькопирит			—	
Теннантит-тетраэдрит			—	
Бурнонит				—
Иодаргирит				—
Самородное Au			—	—
Самородная S				—
Самородный Se				—
Самородный Te				—
Селен-теллур				—
Теллур-селен				—
Самородный Bi				—
Кварц	(I)	(II)	(III)	
Рутил	(I)			
Алунит				
Натроалунит или минамиит				



Окончание табл. 3

Ярозит				██████████
Барит		██████████		
Англезит				—
Микасаит				—
Сванбергит		—————		
Вудхаузеит		—————		
Диадохит				—
Кальцит, доломит		—————		
Церуссит				—
Диккит		██████████		
Каолинит		██████████		
Хлорит		██████████		
Иллит		██████████		

Примечание.

██████████	> 50 %
██████████	50–25 %
██████████	25–5 %
██████████	5–1 %
—————	< 1 %
-----	растворение

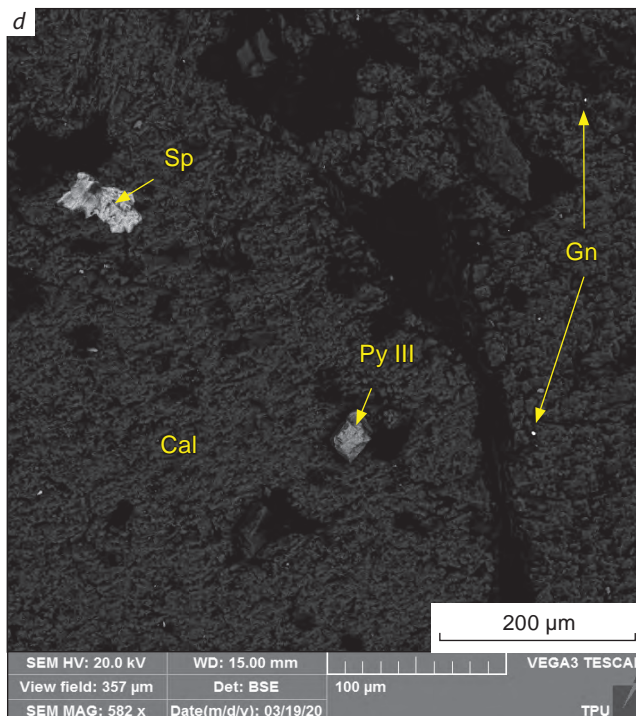
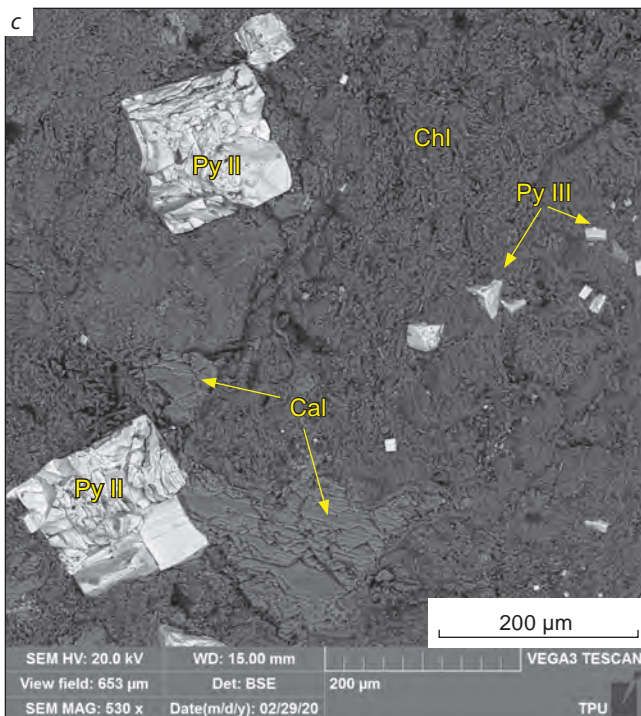
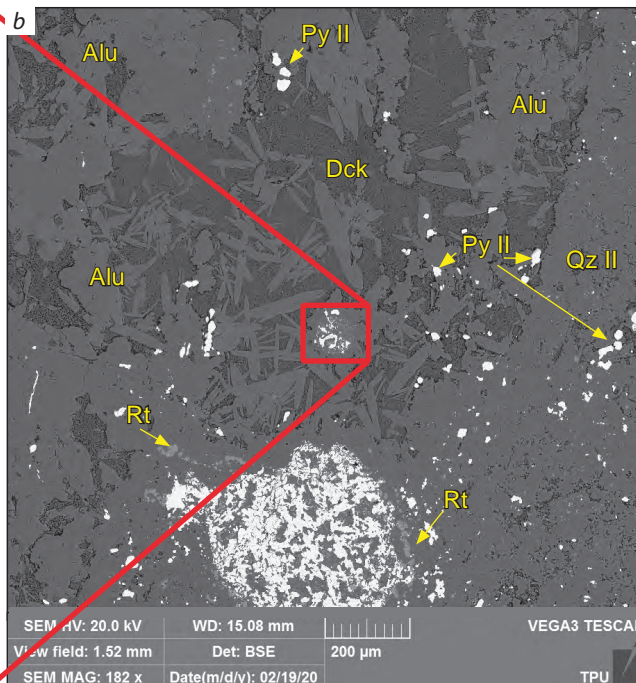
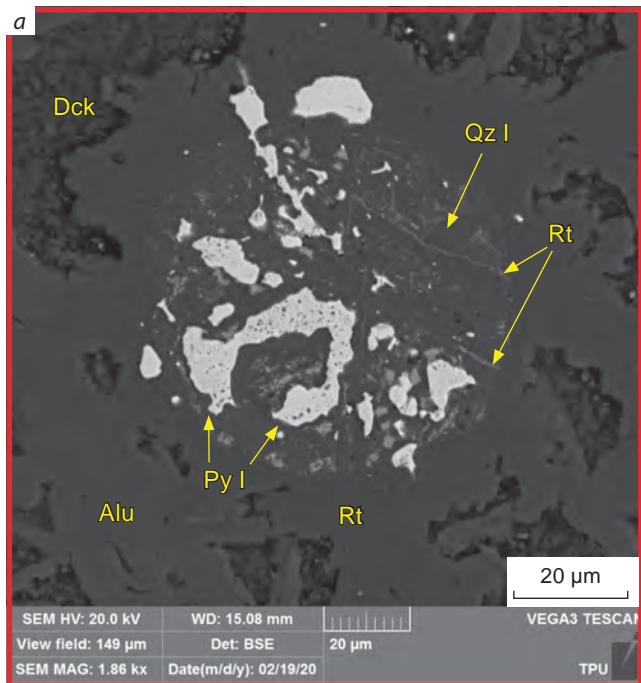
Бурнонит $Pb_{0,83-0,96}(Cu_{0,90-1,09}, Fe_{0,0-0,91})(Sb_{0,64-0,98}, As_{0,0-0,41})S_3$
 Иодаргирит $Ag_{1,03}(I, B_{0,83})$
 Селен-теллур $Se_{0,84-0,85}Te_{0,15-0,16}$
 Теллур-селен $Te_{0,80}Se_{0,21}$

России в пределах Тихоокеанского кольца и за его пределами достаточно объектов, обогащённых в той или иной степени как теллуром, так и селеном. Они могут быть продуктом кислых (HS-тип), нейтральных (IS-тип) и щелочных растворов LS-типа (месторождение Бараньевское) [9]. Типичные примеры эпитептермальной золото-теллуридной минерализации за пределами России – месторождения Император, Поргера (Папуа – Новая Гвинея) и Au-Ag теллуридный пояс Монтаны [10], месторождение Крипл-Крик (Колорадо) [13].

В поздний этап, проявленный в пределах уракской свиты в рудовмещающих зонах Елена, Людмила, Тамара и Лариса, в большей степени сформировалась минерализация полиметаллического комплекса; широко развита зона окисления гипергенной стадии с переротложенным высокопробным золотом. Различия минерализации раннего и позднего этапов необходимо учитывать при разработке

технологических схем извлечения золота: для руд позднего этапа успешно применяется классическая схема цианидного выщелачивания, тогда как для переработки руд раннего этапа стандартную технологическую схему необходимо пересмотреть.

На основе полученных данных по вещественному составу жильных минералов (кварц, серицит, иллит) и гипогенных сульфидов (сфалерит, галенит, блёклые руды, халькопирит), а также присутствию самородного теллура и обилию теллуридов при отсутствии энаргита, фаматинита, люзонита, борнита, гипогенного ковеллина, типичных для HS-типа, можно сделать вывод о том, что ранний рудный этап, проявившийся в пределах зоны Эми, по составу отвечает эпитептермальным месторождениям, образованным при участии нейтральных растворов IS-типа [16]. Возможно, HS-тип мог быть эродирован, как это наблюдается в отдельных месторождениях HS-IS промежу-



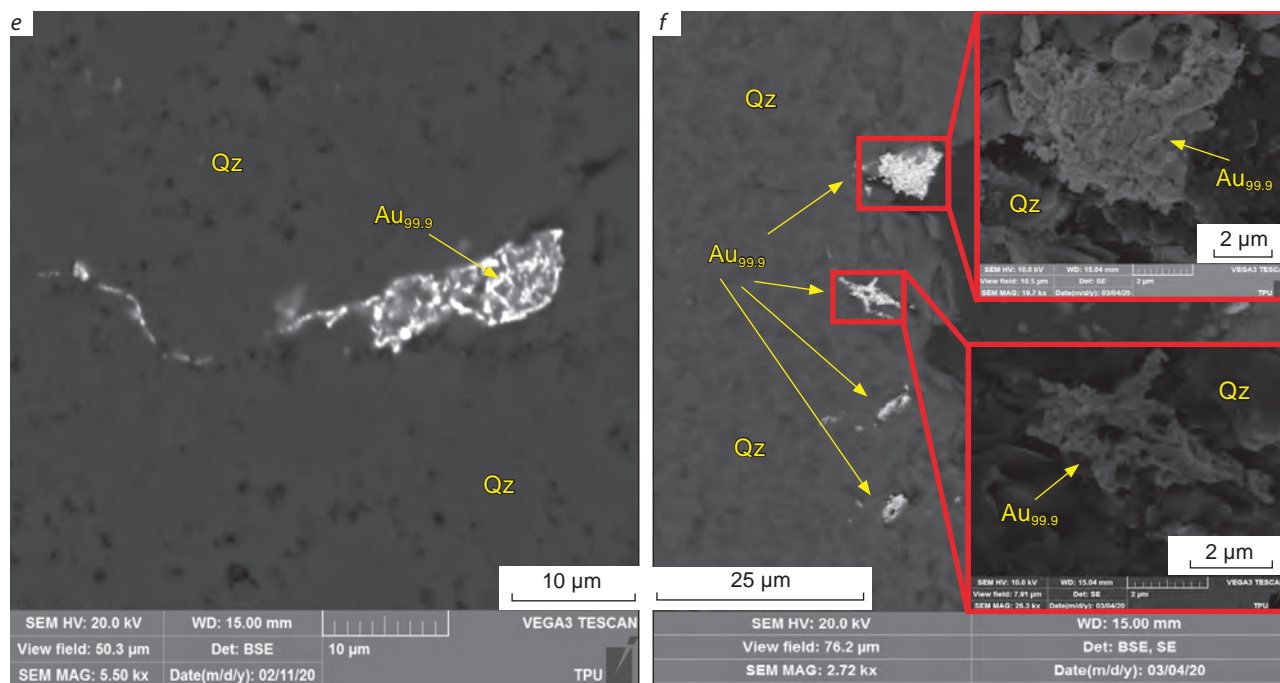


Рис. 5. Основные минеральные комплексы, проявленные в пределах позднего рудного этапа (зоны Елена, Лариса, Тамара, Людмила):

a – кварц-рутил-пиритовый комплекс, представленный кристаллами неправильной и выщелоченной формы пирита (Py I) в ассоциации с игольчатым рутилом (Rt) и ранним кварцем (Qz I); *b* – кварц-алунит-диккит-пиритовый комплекс, сложенный удлиненными кристаллами алунита (Alu) и тонкоочешуйчатыми агрегатами диккита (Dck) в ассоциации с кристаллами пирита (Py II) и кварца (Q II) (зона Елена, глубина 53,6 м); *c* – кварц-иллит-хлорит-кальцит-пиритовый комплекс, представленный кубическими кристаллами пирита (Py III), расположенными в агрегате хлорита с зёрнами кальцита (зона Лариса, глубина 92,8 м); *d* – кварц-пиритовый минеральный комплекс с редкими полиметаллическими сульфидами, представленными единичными зёрнами сфалерита (Sp), галенита (Gn) и пирита (Py III) (зона Лариса, глубина 122 м); *e, f* – гипергенный комплекс с производным золотом ($Au_{99,0-97,0}$) залегает в кавернах кварца (Qz) (зона Елена, глубина 18,3 м)

Fig. 5. The main mineral complexes manifested within the late ore stage (Elena, Larisa, Tamara, Lyudmila zones):

a – quartz-rutile-pyrite complex, represented by crystals of irregular and leached pyrite (Py I) in association with acicular rutile (Rt) and early quartz (Qz I); *b* – quartz-alunite-dickite-pyrite complex, composed of elongated alunite crystals (Alu) and fine-scaled dickite aggregates (Dck) in association with pyrite (Py II) and quartz (Q II) (Elena zone, depth 53.6 m); *c* – quartz-illite-chlorite-calcite-pyrite complex, represented by cubic crystals of pyrite (Py III), located in a chlorite aggregate with calcite grains (Larisa zone, depth 92.8 m); *d* – quartz-pyrite mineral complex with rare polymetallic sulfides, represented by single grains of sphalerite (Sp), galena (Gn) and pyrite (Py III) (Larisa zone, depth 122 m); *e, f* – hypergene complex with derivative gold ($Au_{99,0-97,0}$) occurs in quartz caverns (Qz) (Elena zone, depth 18.3 m)



точных типов.

Метасоматиты позднего этапа, в свою очередь, соответствуют продуктам кислого метасоматоза (HS-тип) с обильным развитием сульфатов – барита, алуниита, ярозита, микасита, англезита и т. д.

Вопрос о взаимоотношениях растворов IS- и HS-типов остаётся спорным и откры-

тым для проведения дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010).

Список литературы

1. Ананьев Ю. С., Житков В. Г., Поцелуев А. А. Дистанционная прогнозно-поисковая модель эпитеpмальных Au-Ag месторождений (на примере рудного поля Светлое, Хабаровский край) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 5. – С. 84–92.
2. Борнеман-Старынкевич И. Д. Руководство по расчёту формул минералов. – М.: Наука, 1964. – 218 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 книгах / под ред. А. И. Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006.
4. Левочская Д. В., Лесняк Д. В., Якич Т. Ю. Теллуридная минерализация эпитеpмального золоторудного поля Светлое (Хабаровский край) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, 5–9 апреля 2021. – Томск. – Т. 1. – С. 98–100.
5. Левочская Д. В., Якич Т. Ю., Лесняк Д. В., Ананьев Ю. С. Гидротермально-метасоматическая зональность, флюидный режим и типы золоторудения участков Эми и Елена эпитеpмального рудного поля Светлое (Хабаровский край) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 10. – С. 17–32.
6. Мишин Л. Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Россия) (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30, № 4. – С. 32–48.
7. Перчук А. Л., Плечов П. Ю., Сазонова Л. В., Сафонов О. Г., Тихомиров П. Л., Шур М. Ю. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов: учебное пособие. – М.: КДУ, 2015. – 472 с.
8. Якич Т. Ю. Теллур и селен в месторождениях благородных металлов: Особенности состава, форма нахождения и связь с оруденением // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 90-летию со дня рождения Н. М. Рассказова, 120-летию со дня рождения Л. Л. Халфина, 50-летию научных молодёжных конференций им. академика М. А. Усова, 4–8 апреля 2022. – Т. 1. – С. 72–75.
9. Якич Т. Ю., Буханова Д. С., Синкина Е. А., Сарсекеева Э. М., Левочская Д. В., Николаева А. Н., Максимов П. Н., Кутырев А. В., Жегунов П. С., Рудмин М. А. Особенности вещественного состава и условия формирования медной минеральной ассоциации Бараньевского эпитеpмального месторождения (Центральная Камчатка) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 12. – С. 74–87.
10. Cook N. J., Ciobanu C. L., Spry P., Kojonen K. K., Kovalenker V. Telluride and selenide minerals in gold deposits – a half-term report for IGCP-486 // Extension Abstract 12th Quadrennial IADOD Symposium Understanding the Genesis of Ore Deposits to Meet the Demands of the 21st Century. – 2006. – P. 106–109.
11. Hedenquist J. W., Arribas R. A. Exploration for epithermal gold deposits // Reviews in Economic Geology. – 2000. – V. 13. – P. 245–277.
12. Hedenquist J. W., Izawa E., Arribas A., White N. C. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration // Resource Geology. – 1996. – V. 1. – P. 1–15.
13. Keith M., Smith D. J., Doyle K., Holwell D. A., Jenkin G. R. T., Barry T. L., Becker J., Rampe J., Pyrite



chemistry: A new window into Au-Te ore-forming processes in alkaline epithermal districts, Cripple Creek, Colorado // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 2020. – V. 274. – P. 172–191.

14. Lindgren W. Mineral deposits. – New York ; London : McGraw-Hill Book Company, 1933. – 930 p.

15. Sillitoe R. H. Epithermal models, genetic types, geometrical controls and shallow features // Mineral Deposits Division. – Saint John's : Geological Association of Canada, 1993. – Special Paper. – P. 403–417.

References

1. Anan'ev Yu. S., Zhitkov V. G., Potseluev A. A. Distantionnaya prognozno-poiskovaya model' epitermal'nykh Au-Ag mestorozhdenii (na primere rudnogo polya Svetloe, Khabarovskii krai) [Forecasting and prospecting model of epithermal high sulfidation Au-Ag deposits using modern satellite data (on the example of ore field Svetloe, Khabarovsk Krai)], *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, 2019, V. 330, No 5, pp. 84–92. (In Russ.).

2. Borneman-Starynkevich I. D. Rukovodstvo po raschetu formul mineralov [Guide to the calculation of mineral formulas], Moscow, Nauka Publ., 1964, 218 p.

3. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii. In 2 books. Ed. A. I. Khanchuk, Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2006.

4. Levochskaya D. V., Lesnyak D. V., Yakich T. Yu. Telluridnaya mineralizatsiya epitermal'nogo zolotorudnogo polya Svetloe (Khabarovskii krai) [Telluride mineralization of the epithermal gold ore field Svetloye (Khabarovsk Krai)], *Problemy geologii i osvoeniya nedr: trudy XXV Mezhdunarodnogo simpoziuma im. akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 120-letiyu gorno-geologicheskogo obrazovaniya v Sibiri, 125-letiyu so dnya osnovaniya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 5–9 aprelya 2021 [Problems of geology and subsoil development: Proceedings of the Academician M. A. Usov XXV International Symposium of students and young scientists, dedicated to the 120th anniversary of mining and geological education in Siberia and the 125th anniversary of the founding of Tomsk Polytechnic University, April 5–9, 2021]*, Tomsk, V. 1, pp. 98–100.

16. Wang L., Qin K. Z., Song G. X., Li G. M. A review of intermediate sulfidation epithermal deposits and subclassification // *Ore Geology Reviews* – 2019. – V. 107. – P. 434–456.

17. Yakich T. Y., Ananyev Y. S., Ruban A. S., Gavrilov R. Y., Lesnya D. V., Levochskaya D. V., Savinova O. V., Rudmin M. A. Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration // *Ore Geology Reviews*. – 2021. – V. 136. – 104257.

5. Levochskaya D. V., Yakich T. Yu., Lesnyak D. V., Anan'ev Yu. S. Gidrotermal'no-metasomaticheskaya zonal'nost', flyuidnyi rezhim i tipy zolotogo orudneniya uchastkov Emi i Elena epitermal'nogo rudnogo polya Svetloe (Khabarovskii krai) [Hydrothermal-metasomatic zonalinity, fluid regime, and types of gold mineralization of the Emi and Elena sites of the epithermal ore field Svetloye (Khabarovsk Krai)], *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, 2021, V. 332, No 10, pp. 17–32. (In Russ.).

6. Mishin L. F. Vtorichnye kvartcity i ikh svyaz' s zolotorudnoi mineralizatsiei mestorozhdeniya Svetloe (Rossiya) (Ul'inskii progib, Okhotsko-Chukotskii vulkanogennyi poyas) [Secondary quartzites and their relation to gold ore mineralization of the Svetloye deposit (Ulya trough, Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt)], *Tikhookeanskaya geologiya [Russian journal of Pacific geology]*, 2011, V. 30, No 4, pp. 32–48. (In Russ.).

7. Perchuk A. L., Plechov P. Yu., Sazonova L. V., Safonov O. G., Tikhomirov P. L., Shur M. Yu. Osnovy petrologii magmaticheskikh i metamorficheskikh protsessov [Fundamentals of petrology of magmatic and metamorphic processes], Moscow, KDU Publ., 2015, 472 p.

Yakich T. Yu. Tellur i selen v mestorozhdeniyakh blagorodnykh metallov: Osobennosti sostava, forma nakhozhdeniya i svyaz' s orudneniem [Tellurium and selenium in deposits of precious metals: Features of composition, form of location and connection with mineralization], *Problemy geologii i osvoeniya nedr: trudy XXV Mezhdunarodnogo simpoziuma im. akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 90-letiyu so dnya rozhdeniya N. M. Rasskazova, 120-letiyu*



so dnya rozhdeniya L. L. Khalfina, 50-letiyu nauchnykh molodezhnykh konferentsii im. akademika M. A. Usova, 4–8 aprelya 2022 [Problems of geology and subsoil development: Proceedings of the Academician M. A. Usov XXV International Symposium of students and young scientists, dedicated to the 90th anniversary of the birth of N. M. Raszkazov, the 120th anniversary of the birth of L. L. Khalfin, the 50th anniversary of scientific youth conferences named after academician M. A. Usov, April 4–8, 2022], V. 1, pp. 72–75.

8. Yakich T. Yu., Bukhanova D. S., Sinkina E. A., Sarsekeeva E. M., Levochskaya D. V., Nikolaeva A. N., Maksimov P. N., Kuttyrev A. V., Zhegunov P. S., Rudmin M. A. Osobennosti veshchestvennogo sostava i usloviya formirovaniya mednoi mineral'noi assotsiatsii Baran'evskogo epitermal'nogo mestorozhdeniya (Tsentral'naya Kamchatka) [Mineral features of the copper association of the Baran'evskoe epitermal deposit (Central Kamchatka)], *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geosursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, 2022, V. 333, No 12, pp. 74–87. (In Russ.).
9. Cook N. J., Ciobanu C. L., Spry P., Kojonen K. K., Kovalenker V. Telluride and selenide minerals in gold deposits – a half-term report for IGCP-486, *Extension Abstract 12th Quadrennial IAGOD Symposium "Understanding the Genesis of Ore Deposits to Meet the Demands of the 21st Century"*, 2006, pp. 106–109.
10. Hedenquist J. W., Arribas R. A. Exploration for epithermal gold deposits, *Reviews in Economic Geology*, 2000, V. 13, pp. 245–277.
11. Hedenquist J. W., Izawa E., Arribas A., White N. C. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration, *Resource Geology*, 1996, V. 1, pp. 1–15.
12. Keith M., Smith D. J., Doyle K., Holwell D. A., Jenkin G. R. T., Barry T. L., Becker J., Rampe J., Pyrite chemistry: A new window into Au-Te ore-forming processes in alkaline epithermal districts, Cripple Creek, Colorado, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2020, V. 274, pp. 172–191.
13. Lindgren W. Mineral deposits, New York; London, McGraw-Hill Book Company Publ., 1933, 930 p.
14. Sillitoe R. H. Epithermal models, genetic types, geometrical controls and shallow features, *Mineral Deposits Division, Saint John's, Geological Association of Canada*, 1993, Special Paper, pp. 403–417.
15. Wang L., Qin K. Z., Song G. X., Li G. M. A review of intermediate sulfidation epithermal deposits and subclassification, *Ore Geology Reviews*, 2019, V. 107, pp. 434–456.
16. Yakich T. Y., Ananyev Y. S., Ruban A. S., Gavrilov R. Y., Lesnyak D. V., Levochskaya D. V., Savinova O. V., Rudmin M. A. Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration, *Ore Geology Reviews*, 2021, V. 136, 104257.

Левочская Дарья Валентиновна (levochskayaDV@polymetal.ru)

аспирант¹, начальник отдела поисковых работ²

Якич Тамара Юрьевна кандидат геол.-минерал. наук, доцент отделения геологии¹

Лесняк Дмитрий Викторович аспирант¹, директор дирекции геологоразведочных проектов²

Рудмин Максим Андреевич кандидат геол.-минерал. наук, доцент¹

Рубан Алексей Сергеевич кандидат геол.-минерал. наук, доцент¹

Ерофеев Алексей Евгеньевич студент¹

Мазуров Алексей Карпович доктор геол.-минерал. наук, профессор¹

¹ Инженерная школа природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия

² Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», г. Хабаровск, Россия

Состав, условия формирования, закономерности размещения и зональность золотого оруденения в Стадухинском рудно-россыпном районе (Западная Чукотка)

Николаев Ю. Н.¹, Балыкова И. В.¹, Кузин С. В.², Бакшеев И. А.¹, Аплеталин А. В.¹, Прокофьев В. Ю.³, Власов Е. А.¹, Калько И. А.¹, Косятов В. В.²

¹ МГУ, г. Москва, Россия; ² Холдинговая компания «СТЕНМИКС ХОЛДИНГ ЛИМИТЕД», г. Москва, Россия; ³ ИГЕМ, г. Москва, Россия

Аннотация. Месторождения золота, связанные с гранитоидными интрузиями, давно известны. Недавно среди них был выделен класс месторождений, получивший название intrusion-related granite systems, IRGS (золото-редкометалльной формации). Эталоны геолого-поисковой модели для них – месторождения металлогенического пояса Тинтин (Аляска, Канада). На территории России данный тип изучен меньше, к IRGS относят месторождения Школьное и Бутарное (Магаданская область), Кекура (Чукотка). На основании полевых и лабораторных исследований, обобщения поисковых геологических и геохимических данных определены характеристики и особенности локализации золотого оруденения, связанного с гранитоидами крупного магматогенного поднятия в Южно-Аньюйской структурно-формационной зоне (Западная Чукотка). Изучены вещественный состав руд, последовательность их формирования, определены температуры гомогенизации и концентрация солей в газовой-жидких включениях. Выявлена геохимическая и минералогическая зональность рудно-магматической системы, разработаны критерии оценки эродированности и прогноза золотого оруденения на глубину.

Ключевые слова: рудно-магматическая система, рудные минералы, золото, флюидные включения, геохимическая зональность.

Для цитирования: Николаев Ю. Н., Балыкова И. В., Кузин С. В., Бакшеев И. А., Аплеталин А. В., Прокофьев В. Ю., Власов Е. А., Калько И. А., Косятов В. В. Состав, условия формирования, закономерности размещения и зональность золотого оруденения в Стадухинском рудно-россыпном районе (Западная Чукотка). Руды и металлы. 2023. № 3. С. 87–105. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10014.

Composition, formation conditions, distribution patterns and zoning of gold mineralization in the Studukhinsky ore-placer region (Western Chukotka)

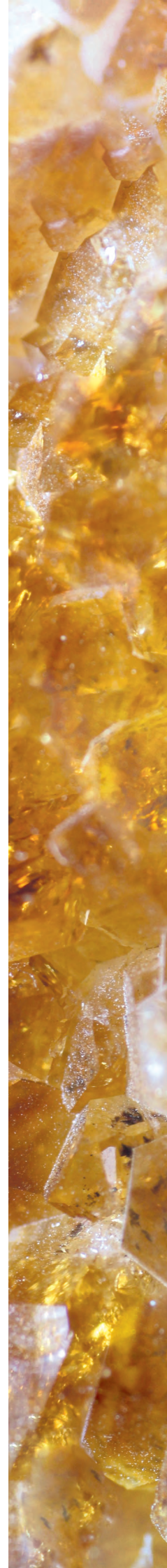
Nikolaev Yu. N.¹, Balykova I. V.¹, Kuzin S. V.², Baksheev I. A.¹, Apletalin A. V.¹, Prokofiev V. Yu.³, Vlasov E. A.¹, Kalko I. A.¹, Kosyatov V. V.²

¹ MSU, Moscow, Russia; ² Holding company "STENMIX HOLDING LIMITED", Moscow, Russia; ³ IGEM, Moscow, Russia

Annotation. Gold deposits associated with granitoid intrusions have long been known. Recently, a class of deposits was identified among them, called intrusion-related granite systems, IRGS (gold-rare metal formation). The standards of the geological prospecting model for them are the deposits of the Tintin metallogenic belt (Alaska, Canada). In Russia, this type has been studied less; IRGS includes the Shkolnoye and Butarnoye (Magadan region) and Kekura (Chukotka) deposits. Based on field and laboratory studies, generalization of prospecting geological and geochemical data, the characteristics and localization features of gold mineralization associated with granitoids of a large igneous uplift in the South Anyui structural-formational zone (Western Chukotka) were determined. The mineral composition of ores, the sequence of their formation were studied, homogenization temperatures and salt concentrations in gas-liquid inclusions were determined. The geochemical and mineralogical zoning of the ore-magmatic system has been identified, and criteria have been developed for assessing erosion and predicting gold mineralization to depth.

Keywords: ore-magmatic system, ore minerals, gold, fluid inclusions, geochemical zoning.

For citation: Nikolaev Yu. N., Balykova I. V., Kuzin S. V., Baksheev I. A., Apletalin A.V., Prokofiev V. Yu., Vlasov E. A., Kalko I. A., Kosyatov V. V. Composition, formation conditions, distribution patterns and zoning of gold mineralization in the Studukhinsky ore-placer region (Western Chukotka). Ores and metals, 2023, № 3, pp. 87–105. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10014.





Основная добыча золота на Чукотке в настоящее время ведётся на золото-серебряных (Купол, Двойное, Валунистое), золотокварцевых (Каральвеем) и золото-мышьяковистых (Майское) месторождениях, запасы которых постепенно истощаются. В последние годы основной прирост запасов и добычи был обеспечен разведкой золотого оруденения, локализованного в гранитоидах (Кекура). Перспективность этого типа оруденения в совокупности с предстоящим освоением золото-медно-молибденовых месторождений Баимской зоны во многом будут определять развитие золотодобывающей отрасли в Чукотском АО в ближайшие годы.

В отличие от повышенного интереса западных исследователей к месторождениям золота в гранитоидах, в отечественной литературе им уделено гораздо меньше внимания [1, 2, 13]. В публикациях российских авторов за основу прогноза принята геолого-генетическая модель золоторудных систем, связанных с интрузиями (IRGS), разработанная для рудного пояса Тинтин на примере хорошо изученных месторождений Аляски и Юкона [5–12]. При всех достоинствах поисковая модель не содержит ряд важных, прежде всего геохимических, характеристик и параметров промышленно значимых объектов этого типа и критериев оценки уровня их эрозионного среза.

Полученные в последние годы результаты исследований в Стадухинском рудно-россыпном районе (Западная Чукотка) расширяют представления о составе, формировании и размещении золотого оруденения, связанного с интрузиями.

Фактическим материалом для определения вещественного состава руд послужили результаты анализов более 1,5 тыс. штучных проб, отобранных в поисковых маршрутах. Анализ проб на золото (пробирный с ААС окончанием) и 35 химических элементов (методом ICP-AES) выполнялся в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эссей».

Изучение прозрачно-полированных шлифов и аншлифов в проходящем и отражённом свете проводилось на поляризационном оптическом микроскопе AxioPlan фирмы Zeiss с цифровой фотокамерой. Исследование мине-

ральных ассоциаций метасоматитов и руд выполнено с помощью электронного микроскопа Jeol JSM-6480LV с комбинированной системой на основе энергодисперсионного спектрометра IncaEnergy-350 со сверхтонким окном ATW-2 и волнового дифракционного спектрометра IncaWave-500 (аналитики Н. Н. Кошлякова, Ф. Д. Сандалов, МГУ).

Микротермометрическое изучение индивидуальных включений проводилось в ИГЕМ РАН с использованием измерительного комплекса, состоящего из камеры THMSG 600 фирмы Linkam (Англия), установленной на микроскопе Olympus VX51 (Япония), видеокамеры и управляющего компьютера.

Стадухинский рудно-россыпной район выделен в границах развития интрузивного магматизма и широко проявленной россыпной золотоносности при геологическом изучении, поисковых и разведочных работах на россыпное и коренное золото в пределах Южно-Ануйской сутуры, которая с позиций современной геотектоники рассматривается как пограничная структура, отделяющая Чукотский микроконтинент от Алазейско-Олойской складчатой области (рис. 1).

Южно-Ануйская сутура сложена интенсивно деформированными палеозойско-мезозойскими магматическими, метаморфическими образованиями и осадочными отложениями. В составе структурно-вещественных комплексов выделяются офиолиты, островодужные образования, турбидиты триаса, поздней юры, раннего мела, а также терригенный меланж аккреционного типа с блоками океанической коры. Во время коллизии океанические и островодужные комплексы были шарьированы на пассивную окраину Чукотского континента. В постколлизийный этап сдвиговых деформаций завершилось формирование чешуйчато-блокового строения сутуры [3].

Постколлизийный этап характеризуется активным магматизмом и формированием интрузивно-купольных структур, сопровождавшимся гидротермальной деятельностью с образованием золоторудных месторождений, связанных с интрузиями. Основным этапом интрузивного магматизма и активной гидро-



термальной деятельности является конец раннего мела. В конце апта – начале альба (113–100 млн лет по U-Pb датированию) на территории района в результате постколлизийного растяжения и внедрения габбродиорит-монцодиорит-гранодиорит-гранитных интрузивов сформировалась крупная купольно-кольцевая структура диаметром около 80 км.

Локальные интрузивно-купольные структуры отдельных гранитоидных массивов являются рудогенерирующими центрами, с которыми связано золотое оруденение. В пределах района важнейшее значение имеют диагональные разломы, контролирующие размещение месторождений и многочисленных проявлений золота.

Системы северо-западных ($290\text{--}320^\circ$) разрывных нарушений являются ведущими и наиболее долгоживущими из тектонических структур района. К ним относятся крупные нарушения, которые маркируются мощными зонами тектонического меланжа и контролируют размещение разновозрастных интрузивов. Разломы характеризуются преимущественно взбросовой или взбросо-надвиговой кинематикой.

Более молодая северо-восточная система разломов ($45\text{--}70^\circ$), трассируемых локальными дайковыми поясами, представлена крутопадающими сбросами, сбросо-сдвигами, сдвигами. Разломы этого направления играют важную роль в локализации золотого оруденения, контролируя ореолы березитизации, золотоносные метасоматиты и жильно-прожилковые зоны.

Руды проявлений Стадухинского района относятся к двум основным типам, имеющим доказанное промышленное значение: золото-редкометалльному (золото-теллуридно-висмутовому) и золотокварцевому березитовому.

В экзоконтактовой зоне гранитного массива горы Трёхречье, в углеродистых алевролитах теньгельвеевской толщи, выявлена полиметаллическая медно-цинковая минерализация, разведанная бурением.

В экзоконтактовой зоне Гвардейского массива поисковыми геолого-геохимическими работами впервые на площади района выявлена золото-серебряная минерализация с близкими к промышленным параметрами.

Пространственное распределение различных типов оруденения свидетельствует о неоднократной перестройке структурно-тектонического плана территории с формированием новых рудоконтролирующих и рудо локализирующих структур на фоне многократной активизации тектономагматической деятельности и эволюции вещества магматических расплавов и гидротермальных флюидов.

Выявленные закономерности размещения месторождений и проявлений в пределах магматогенного поднятия, в границах которого выделяется рудный район, укладываются в схему концентрической зональности, отражающей наличие: 1) ядерной зоны с крупным золотокварцевым месторождением Кекура в одноимённом массиве и однотипными проявлениями ближней периферии; 2) промежуточной зоны с проявлениями золото-редкометалльного оруденения в гранитоидах и полиметаллического медно-цинкового в их экзоконтактах; 3) внешней зоны, в которой впервые для подобных систем выявлены золото-серебряные проявления в терригенных породах рамы, имеющие промышленные перспективы (рис. 2).

Рудное поле Кекура, на площади которого разведаны основные запасы золота, выделено в границах одноимённого гранитоидного массива, приуроченного к узлу пересечения региональных долгоживущих разломов северо-западной, субширотной, северо-восточной систем. На уровне современного среза массив представляет собой овальное тело площадью $\sim 13 \text{ км}^2$ с длинной осью, вытянутой в северо-восточном направлении вдоль разломов соответствующей системы (рис. 3).

Вмещающими породами служат интенсивно тектонизированные в приконтактовой части ороговикованные флишoids устиевской толщи позднего триаса, а также терригенные и вулканотерригенные породы поздней юры и раннего мела.

Интрузивный массив обладает признаками кольцевого строения. Его периферия сложена диоритами и монцодиоритами ранней фазы. Основной объём интрузии составляют гранодиориты, сменяющиеся в центральной ча-

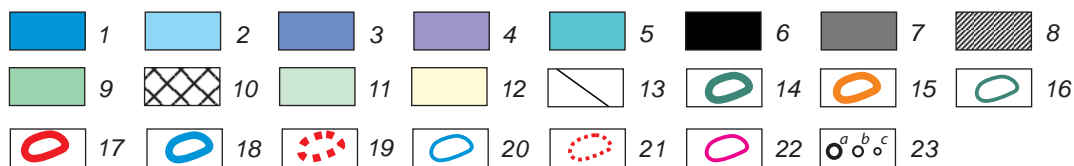
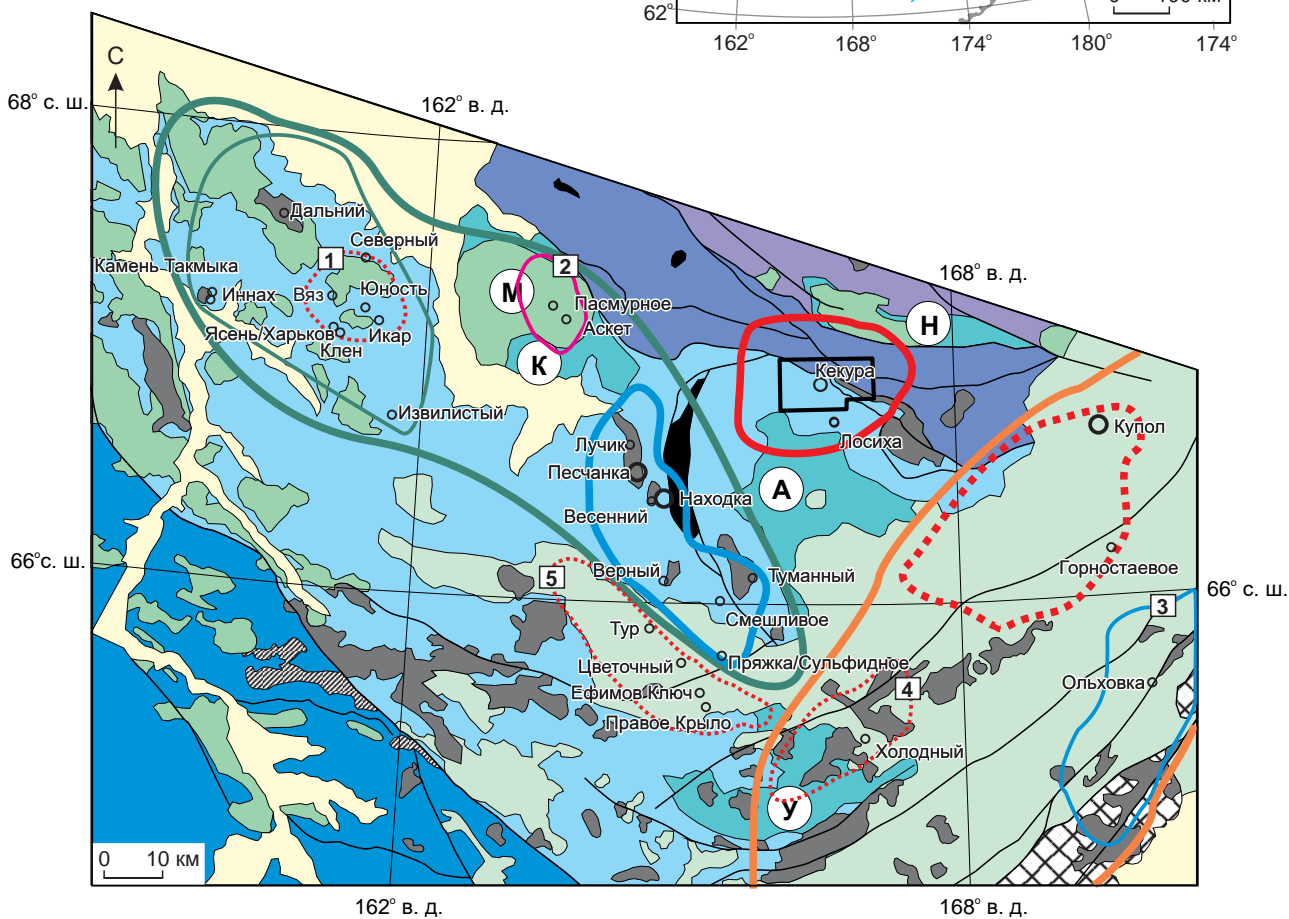
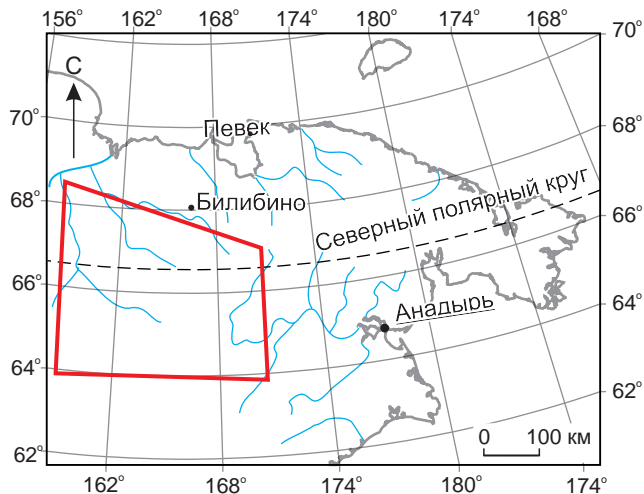




Рис. 1. Схема геологического строения и металлогенического районирования Западной Чукотки (составлена на основе геологической карты м-ба 1 : 500 000):

палеозой-мезозойские комплексы различных тектонических зон Верхояно-Чукотской складчатой системы: 1 – Берёзовской, 2 – Олойской, 3 – Южно-Аньюской, 4 – Аньюской и Чукотской; 5 – позднеюрско-раннемеловые осадочные комплексы наложенных впадин, предположительно синколлизийной природы (впадины: Н – Нутесынская, К – Камешковская, А – Айнахкургенская, У – Умкувеемская); 6 – массивы альпинотипных ультрабазитов; 7 – массивы гранитоидов и (меньшей частью) габброидов; 8 – наиболее крупные тела талалахского щелочного комплекса; 9 – преимущественно вулканогенные комплексы наложенных впадин мезозой (М – Мангазейская); вулканогенные комплексы: 10 – Удско-Мургалского пояса (титон–апт?), 11 – Охотско-Чукотского пояса (альб–сантон); 12 – четвертичные отложения; 13 – разрывные нарушения; рудные зоны: 14 – Алазей-Олойская (Cu); 15 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (Au-Ag); рудные районы: 16 – Тополево-Хетачанский (Cu с Au), 17 – Стадухинский (Au), 18 – Баимский (Cu), 19 – Купольский (Кайемравеемский) (золото-серебряный); рудные узлы по типу минерализации (в квадратах – названия): 20 – CuMoAu, 21 – AuAg, 22 – AuAgCu (1 – Верхне-Кричалский, 2 – Мангазейский, 3 – Ольховский, 4 – Гангутский, 5 – Нембондинский); 23 – месторождения: а – ключевые крупные, б – средние, с – мелкие и рудопроявления; на врезке – контур района работ

Fig. 1. Scheme of the geological structure and metallogenic zoning of Western Chukotka (compiled on the basis of a geological map of scale 1 : 500,000):

Paleozoic-Mesozoic complexes of various tectonic zones of the Verkhoyansk-Chukotka fold system: 1 – Berезovskaya, 2 – Oloiskaya, 3 – South Anyuiskaya, 4 – Anyuiskaya and Chukotka; 5 – Late Jurassic-Early Cretaceous sedimentary complexes of superimposed depressions of a long-term syncollisional nature (depressions: Н – Nutesynskaya, К – Kameshkovskaya, А – Ainakhkurgenskaya, У – Umkuveemskaya); 6 – massifs of alpine-type ultrabasites; 7 – massifs of granitoids and (in a smaller part) gabbroids; 8 – the largest mesozoic bodies of the Talalakh alkaline complex; 9 – predominantly volcanogenic complexes of superimposed mesozoic depressions (М – Mangazeya); volcanogenic complexes: 10 – Uda-Murgal belt (Tithonian–Aptian?), 11 – Okhotsk-Chukotka belt (Albian–Santonian); 12 – Quaternary sediments; 13 – discontinuities; ore zones: 14 – Alazei-Oloyskaya (Cu); 15 – Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt (Au-Ag); ore districts: 16 – Topolevo-Khetachansky (Cu with Au), 17 – Stadukhinsky (Au), 18 – Baimsky (Cu), 19 – Kupolsky (Kayemraveemsky) (gold-silver); ore clusters by type of mineralization (names in squares): 20 – CuMoAu, 21 – AuAg, 22 – AuAgCu (1 – Verkhne-Krichalsky, 2 – Mangazeysky, 3 – Olkhovsky, 4 – Gangutsky, 5 – Nembondinsky); 23 – deposits: a – key large, b – medium, c – small and ore occurrences; In the inset – the outline of the work area

сти гранитами. Границы между монцонитами и гранодиоритами фациальные, гранодиоритами и гранитами поздней фазы – интрузивные контакты.

Сложной сетью крутопадающих диагональных разломов интрузивный массив разбит на серию разноразмерных блоков, напоминающих структуру «битой тарелки». Помимо крутопадающих разломов, в массиве широко распространены пологие зоны разрывных нарушений, вмещающие продуктивную золото-рудную минерализацию.

Масштабы и интенсивность проявления метасоматоза указывают на значительную мощность локальной флюидной системы в границах рудного поля. Практически вся интрузия несёт в себе в разной степени выра-

женные признаки гидротермальных изменений. Наиболее интенсивным изменениям (березитизации) подверглись гранодиориты и граниты поздней фазы внедрения. За их пределами мощность зон березитизации и интенсивность метасоматических изменений резко снижается.

Месторождение Кекура расположено в центральной части интрузивного массива, сложенной гранитами и гранодиоритами, в узле пересечения диагональных разломов разных направлений. Рудные тела – жиллообразные залежи и линзы кварц-серицитового состава, слагающие центральные части березитовых ритмов. Основные промышленные запасы золота сосредоточены в рудной зоне Пологая, прослеженной по простиранию на расстояние

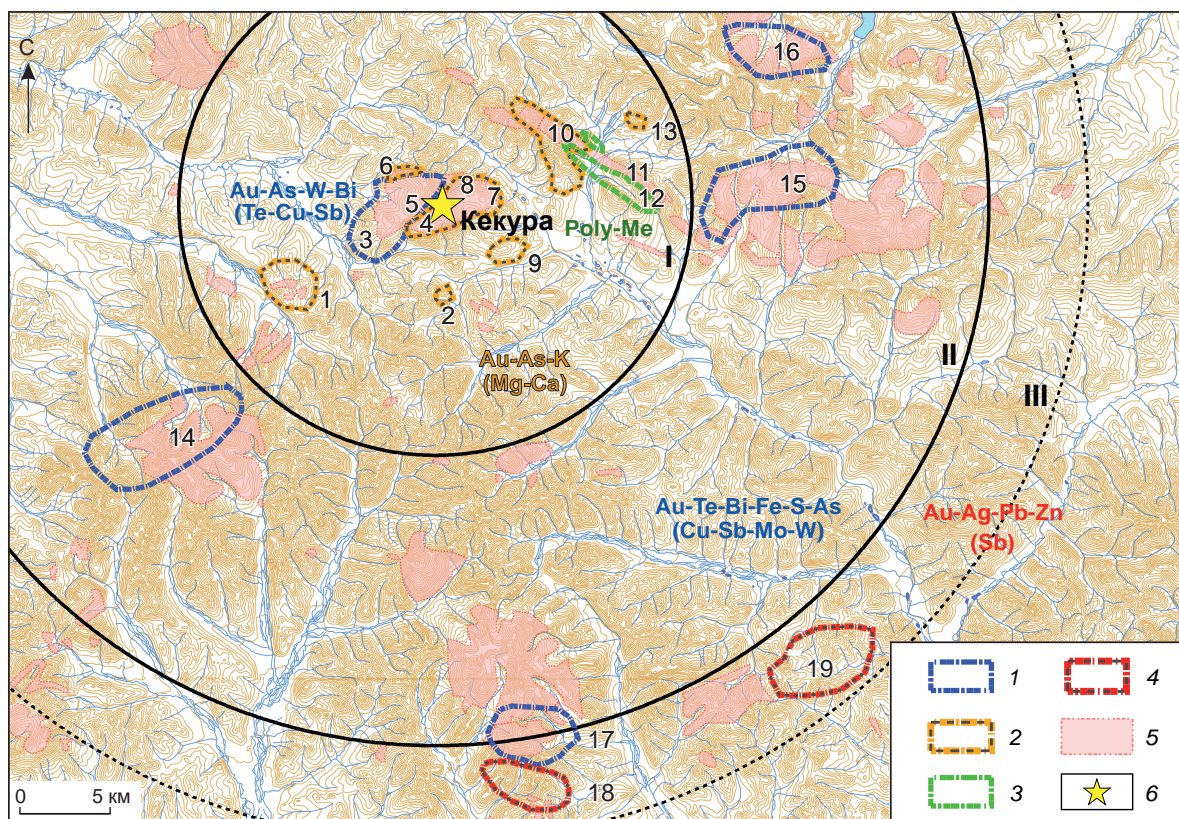


Рис. 2. Закономерности размещения золотого оруденения в Стадухинском рудно-россыпном районе (Западная Чукотка):

типы золоторудной минерализации в месторождениях и проявлениях района: 1 – золото-редкометалльный, 2 – золотокварцевый (березитовый), 3 – полиметаллический медно-цинковый, 4 – золото-серебряный; 5 – интрузии гранитоидов гвардейского комплекса; 6 – месторождение Кекура; элементы модели латеральной зональности рудного района: I – ядерная, II – промежуточная, III – периферийная; перспективные участки Стадухинского рудного района: 1 – Забытый, 2 – Бонд, 3 – Кварцевый, 4 – Гранат, 5 – Западный, 6 – Западный-2, 7 – Рыжий, 8 – Винт, 9 – Закол, 10 – Ирис, 11 – Дарун, 12 – Альпинист, 13 – Левый, 14 – Медвежий, 15 – Утайвеем, 16 – Пик Блохина, 17 – Лосиха, 18 – Валунный, 19 – Звонкий

Fig. 2. Patterns of distribution of gold mineralization in the Stadukhinsky ore-placer region (Western Chukotka):

types of gold mineralization in deposits and manifestations of the region: 1 – gold-rare metal, 2 – gold-quartz (berezite), 3 – polymetallic copper-zinc, 4 – gold-silver; 5 – intrusions of granitoids of the Gvardeysky complex; 6 – Kekura deposit; elements of the model of lateral zoning of the ore region: I – core, II – intermediate, III – peripheral; promising areas of the Stadukhinsky ore district: 1 – Zabytiy, 2 – Bond, 3 – Kwartseviy, 4 – Granat, 5 – Zapadnyy, 6 – Zapadnyy-2, 7 – Ryzhiy, 8 – Vint, 9 – Zakol, 10 – Iris, 11 – Darun, 12 – Alpinist, 13 – Levyy, 14 – Medvezhiy, 15 – Utaiveem, 16 – Blokhin Peak, 17 – Losikha, 18 – Valunniy, 19 – Zvonkiy

около 1 км, по падению на 300–350 м. Мощность рудных тел от нескольких десятков сантиметров до 3 м, в среднем не более 1 м.

Руды месторождения относятся к золото-кварцевому убогосульфидному типу. Рудная минерализация представлена самородным золотом и небольшим количеством сульфидов

(1–5 %), среди которых наиболее распространён арсенопирит. Самородное золото в основной своей массе сконцентрировано в жильном кварце (рис. 4, а). Частицы золота имеют размер от десятых долей миллиметра до 8–10 мм. Незначительную роль в общем балансе имеют его микровключения (0,01–0,3 мм) в арсено-



пирите или в сростании с блёклой рудой (см. рис. 4, *b*). Содержание Au колеблется от первых г/т до 1500 г/т.

В интрузивном массиве и его ближайших экзоконтактах обнаружены проявления золоторудной минерализации, имеющие промышленное значение.

На участке Рыжий, примыкающем к месторождению Кекура с востока, многочисленные зоны березитизации северо-восточного простирания развиты в гранодиоритах поздней фазы внедрения. Минерализация на участке связана с кварцевыми прожилками мощностью в несколько сантиметров, секущими доломит-кварц-серицитовые метасоматиты (березиты), и отдельными небольшими линзами кварцевых брекчий. Мощность пологопадающих минерализованных зон составляет 1–11 м, протяжённость 100–200 м, по падению они выклиниваются на глубине 20–50 м. Повышенные содержания золота связаны с центральными существенно кварцевыми интервалами зон.

Участок Гранат приурочен к южной окраине массива. Золоторудная минерализация на участке локализована в пологих зонах березитизированных пород, состоящих из отдельных ритмов мощностью от первых метров до 30–40 м, центральные части которых сложены полнопроявленными березитами, представляющими собой рудные залежи. Руды участков принадлежат к золото-кварцевому типу с арсенопиритом и самородным золотом (см. рис. 4, *c*), сходному с рудами месторождения Кекура.

Участок Западный находится в северо-западной части интрузивного массива, включая его приконтактовую часть. В его границах выделены рудоносные зоны 1 и 2.

Зона Западная-1 вскрыта канавами и скважинами; представляет собой протяжённую (около 3 км), мощную (не менее 800 м) ориентированную в северо-восточном направлении систему многочисленных маломощных жил и прожилков (более 40), которые группируются в жильно-прожилковые рудные зоны мощностью 3–12 м и протяжённостью до 1 км. От-

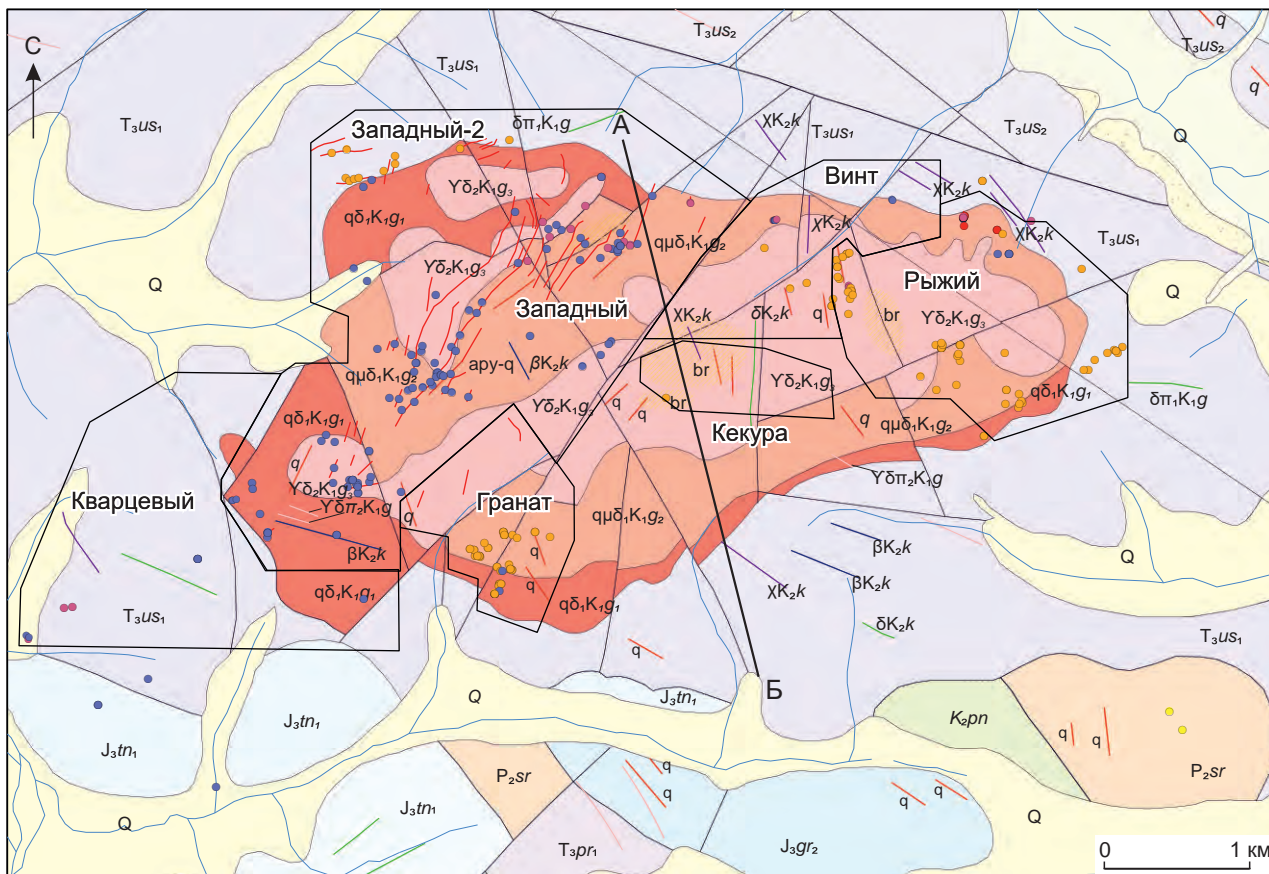
дельные жилы и прожилки имеют длину десятки–первые сотни метров, мощность от 10 до 40–50 см и вертикальное падение.

Зона Западная-2 приурочена к приконтактовой части интрузии. Вмещающие породы – тектонизированные алевролиты и песчаники. Ширина зоны наиболее интенсивных приконтактовых изменений ~ 80–100 м. В её пределах вскрыто несколько крутопадающих тектонических швов северо-восточного простирания, контролирующих группу небольших жильных проявлений золоторудной минерализации.

Золоторудная минерализация на участке Западный представлена преимущественно золото-кварц-арсенопиритовым и золото-редкометалльным типами. Золото-кварцевый тип распространён незначительно в зоне Западная-2. Высокое содержание арсенопирита и слабая березитизация на контактах жил – главные отличительные особенности золоторудной минерализации участка. Текстуры руд массивные и полосчатые. Брекчиевые текстуры, типичные для золото-кварцевой минерализации месторождения Кекура, совершенно не характерны.

Жилы участка сложены кварцем (70–80 %), арсенопиритом (20–30 %), пиритом (1–3 %). В составе руд широко распространены шеелит и минералы висмута. Практически во всех жильных пересечениях отмечается свободное золото в виде мелких (< 1–2 мм) неправильных зёрен (см. рис. 4, *d*). Отличительная особенность оруденения участка Западный – пространственное совмещение различных минеральных ассоциаций. Среди жильно-прожилковых образований отмечены редкометалльная (молибденитовая, касситерит-шеелит-висмутинитовая), арсенидно-сульфоарсенидная железно-кобальт-никелевая и медная (борнит-халькопиритовая) с низкопробным золотом (см. рис. 4, *d*, *e*), сурьмяная (антимонитовая) и серебро-сульфосольная минерализация.

В общей последовательности рудообразования в рудном поле Кекура выделено несколько этапов и стадий (табл. 1). В ранний этап, связанный с внедрением восстановленных мон-



Геологический разрез по линии АБ

Кекура-центр

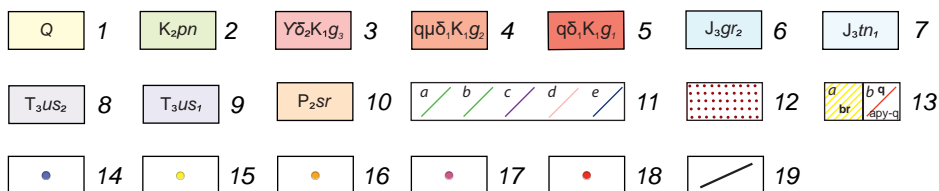
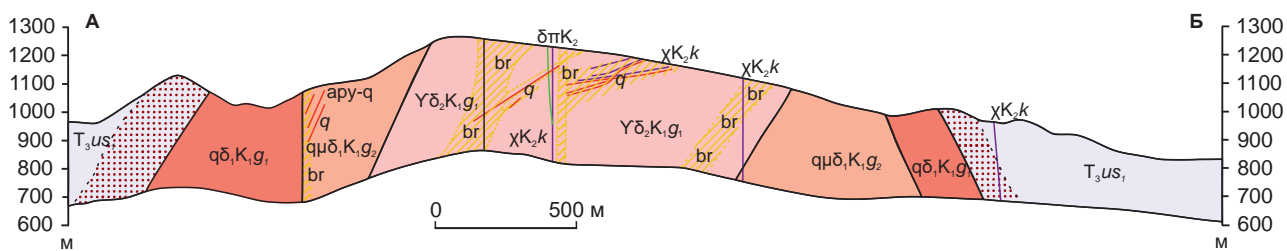




Рис. 3. Геологическое строение и распространённость основных типов золоторудной минерализации в рудном поле Кекура и экзоконтактной зоне гранитоидного массива:

1 – неразделённые четвертичные отложения; 2 – пенвельская толща: алевролиты, песчаники, редко гравелиты, прослой туфов, туффитов; гвардейский комплекс диорит-гранодиорит-гранитовый: 3 – третья фаза (гранодиориты $\gamma\delta$), 4 – вторая фаза (кварцевые монцодиориты $q\mu\delta$), 5 – первая фаза (кварцевые диориты $q\delta$); 6 – гремучинская свита, средняя подсвита: туфы среднего состава; 7 – тенвельвеевская толща, нижняя подтолща: алевролиты, песчаники; устиевская толща: 8 – верхняя подтолща – алевролиты, прослой мелко-тонкозернистых песчаников, 9 – нижняя подтолща – флишоидное переслаивание алевролитов, мелкозернистых песчаников, аргиллитов; 10 – сухорусленская толща: туфы, туффиты, линзы битуминозных известняков; 11 – дайки: *a* – диорит-порфиров ($\delta\pi_1K_1g$), *b* – диоритов (δ), *c* – лампрофиров (χK_2k), *d* – гранодиорит-порфиров ($\gamma\delta\pi_2K_1g$), *e* – базальтов (βK_2k); 12 – зоны ороговикования; 13 – жилы и жильно-прожилковые зоны арсенопирит-кварцевого ($apy-q$) и кварцевого (q) составов; типы рудной минерализации: 14 – золото-редкометалльный, 15 – золотокварцевый, 16 – золотокварцевый березитовый, 17 – кварц-антимонитовый, 18 – серебро-полиметаллический; 19 – границы участков

Fig. 3. Geological structure and prevalence of the main types of gold mineralization in the Kekura ore field and the exocontact zone of the granitoid massif:

1 – unseparated Quaternary deposits; 2 – Penvelskaya strata: siltstones, sandstones, rarely gravelites, interlayers of tuffs, tuffites; Guardeysk diorite-granodiorite-granite complex: 3 – third phase (granodiorites $\gamma\delta$), 4 – second phase (quartz monzo-diorites $q\mu\delta$), 5 – first phase (quartz diorites $q\delta$); 6 – Gremuchinskaya formation, middle subformation: tuffs of medium composition; 7 – Tenvelveem sequence, lower sub-section: siltstones, sandstones; Ustievskaya strata: 8 – upper sub-stratum – siltstones, interlayers of fine-fine-grained sandstones, 9 – lower sub-stratum – flyschoid interlayering of siltstones, fine-grained sandstones, mudstones; 10 – Sukhoruslenskaya strata: tuffs, tuffites, lenses of bituminous limestones; 11 – dikes: *a* – diorite-porphiry ($\delta\pi_1K_1g$), *b* – diorite (δ), *c* – lamprophyres (χK_2k), *d* – granodiorite-porphiry ($\gamma\delta\pi_2K_1g$), *e* – basalts (βK_2k); 12 – keratinization zones; 13 – veins and vein-vein zones of arsenopyrite and quartz ($apy-q$) and quartz (q) compositions; types of ore mineralization: 14 – gold-rare metal, 15 – gold-quartz, 16 – gold-quartz beresite, 17 – quartz-antimonite, 18 – silver-polymetallic; 19 – boundaries of areas

ционит-диоритовых магм, сформировалось золото-редкометалльное оруденение участка Западный.

На ранней стадии этого этапа отлагались шеелит, касситерит, лёллингит, арсениды Ni и Co. При понижении температуры и увеличении фугитивности серы лёллингит замещался арсенопиритом ($S / As < 1$), и в конце стадии откладывались самородный висмут и галенит, по-видимому, снова на фоне снижения фугитивности серы.

В последующую молибденит-борнит-халькопиритовую стадию, помимо основных рудных минералов, происходило отложение дигенита, арсенопирита ($S / As < 1$), блёклых руд. При наложении халькопирита на самородный висмут и галенит ранней стадии образовывался айкинит.

В позднюю золото-висмут-теллуридную стадию образовались теллуриды висмута, высокопробное самородное золото, мальдонит.

При понижении температуры и повышении фугитивности серы теллуриды висмута последовательно замещались сульфотеллуридами и сульфидами висмута.

С внедрением восстановленных магм более кислого состава и связанным с ними вторым этапом гидротермальной деятельности сформировались мощные зоны метасоматических изменений вдоль северо-восточного разлома, делящего массив на две примерно равные части. В оперяющих зонах повышенной трещиноватости при метасоматическом замещении образовались жилообразные тела полнопроявленных березитов с богатым золотым оруденением. Убогосульфидная минерализация этого этапа представлена арсенопиритом ($S / As > 1$), сфалеритом, галенитом, блёклыми рудами, самородным золотом средней пробыности.

С наиболее поздними этапами рудообразования в рудном поле Кекура связано фор-

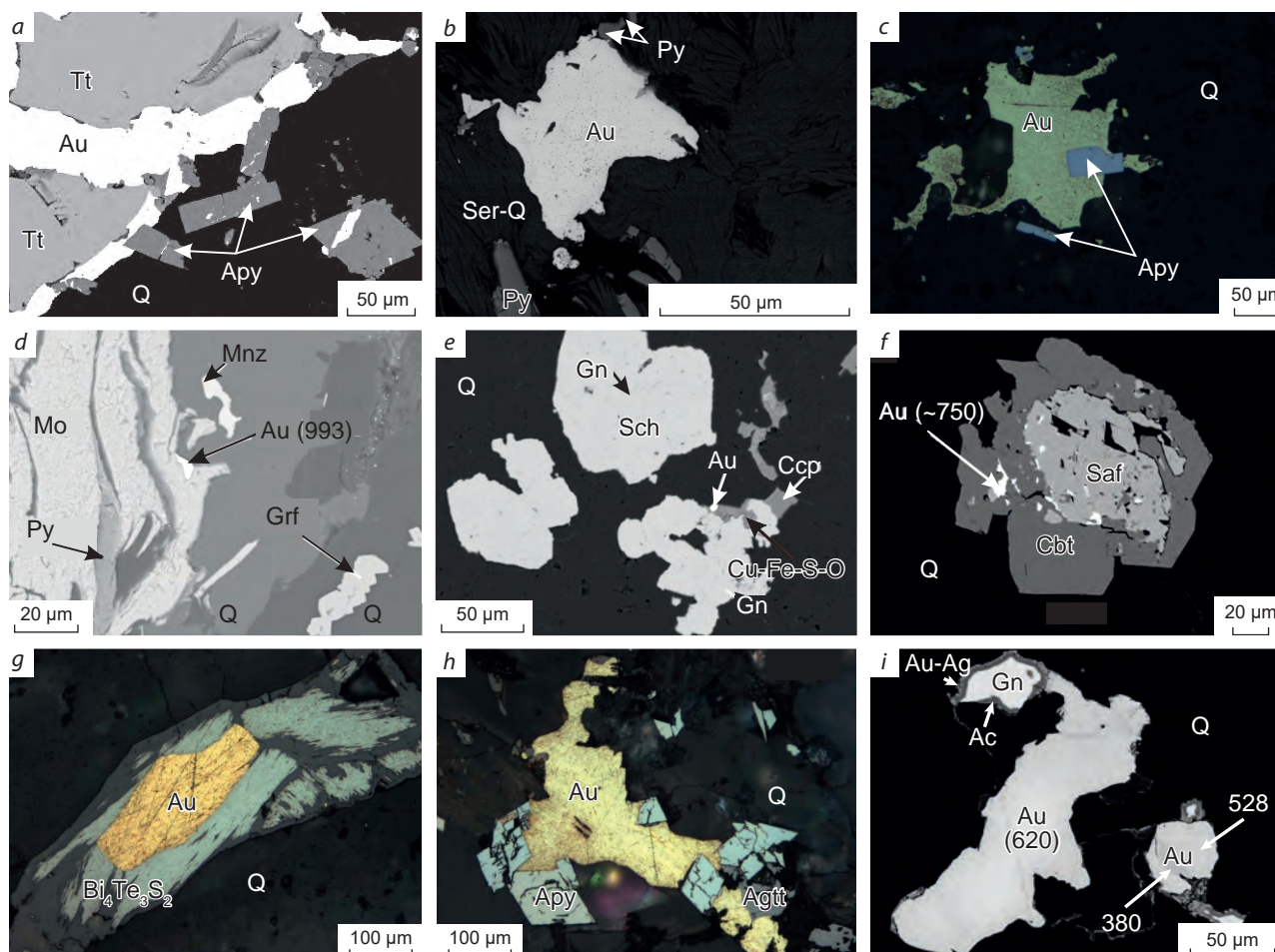


Рис. 4. Самородное золото коренных источников в Стадухинском рудно-россыпном районе:

золото-кварцевый (березитовый) тип: *a* – уч. Кекура-центр, самородное золото (Au) (801 ‰) в кварце (Q) обрастает тетраэдрит (Tt) и арсенопирит (Apy); *b* – уч. Кекура-центр, самородное золото (Au) (750 ‰) в серицит-кварцевой (Ser-Q) матрице, *c* – уч. Гранат, самородное золото (Au) (853–861 ‰) обрастает арсенопирит (Apy) и выполяет трещины в кварце (Q); *золото-редкометалльный тип:* *d* – уч. Западный, самородное золото (Au) (993 ‰) развито по спайности чешуек молибденита (Mo) в кварце, присутствуют герсдорфит (Grf) и монацит (Mnz); *e* – уч. Западный, нарастание халькопирита на шеелит (Sch), который содержит вроски галенита (Gn), в халькопирите (Ccp), замещённом сульфатом меди и железа (Cu-Fe-S-O), вроски самородного золота (Au) (788–853 ‰); *f* – уч. Западный, минералы системы Co-As-S, обрастание сафлорита (Saf) кобальтином (Cbt), оба минерала содержат вроски самородного золота (Au) (750 ‰); *g* – уч. Лосиха, самородное золото (Au) (956–982 ‰) в сростании с фазой $\text{Bi}_4\text{Te}_3\text{S}_2$; *золото-серебряный тип:* *h* – уч. Валунный, самородное золото (Au) (602–618 ‰), обрастающие более ранний арсенопирит (Apy), сростание с аргентотетраэдритом-Fe (Agtt); *i* – уч. Звонкий, неоднородное выделение электрума (Au-Ag) (Au 380–620 ‰) в ассоциации с галени- том (Gn) и акантитом (Ac)

Fig. 4. Native gold from primary sources in the Stadukhinsky ore-placer area:

Gold-quartz (beresite) type: *a* – area Kekura center, native gold (801 ‰) in quartz (Q) overgrown with tetrahedrite (Tt) and arsenopyrite (Apy); *b* – area Kekura center, native gold (750 ‰) in a sericite-quartz matrix (Ser-Q); *c* – area Granat, native gold (Au) (853–861 ‰), overgrows arsenopyrite (Apy) and fills cracks in quartz (Q); *Gold-rare metal type:* *d* – area Zapadny, native gold (Au) (993 ‰) is developed according to the cleavage of molybdenite flakes (Mo) in quartz (Q), with gersdorffite (Grf) and monazite (Mnz); *e* – area Zapadny, growth of chalcopyrite on scheelite (Sch), which contains ingrowths of galena (Gn); in chalcopyrite (Ccp) substituted with copper and iron sulfate (Cu-Fe-S-O), ingrowths of native gold (Au) (788–853 ‰); *f* – area Zapadny, minerals of the Co-As-S system, fouling of safflorite (Saf) with cobaltite (Cbt), both minerals contain ingrowths of native gold (Au) (750 ‰); *g* – area Losikha, native gold (Au) (956–982 ‰) intergrown with the $\text{Bi}_4\text{Te}_3\text{S}_2$ phase; *Gold-silver type:* *h* – area Valunniy, native gold (Au) (602–618 ‰) overgrown with earlier arsenopyrite (Apy), intergrown with argentotetrahedrite-Fe (Agtt); *i* – area Zvonkiy, heterogeneous electrum segregations (Au-Ag) (Au 380–620 ‰) intergrown with galena (Gn) and acanthite (Ac)



Табл. 1. Последовательность отложения рудных минералов на месторождении Кекура и перспективных проявлениях Стадухинской площади

Table 1. Sequence of deposition of ore minerals at the Kekura deposit and promising occurrences of the Stadukhinskaya area

Этапы Стадии Минералы	Золото-редкометалльный			Золото-кварцевый березитовый	Антимонитовый	Au-Ag
	Касситерит-шеелит-висмут-арсенидная	Молибденит-борнит-халькопиритовая	Золото-теллуридно-висмутная			
Молибденит	—	—				
Касситерит	—					
Лёллингит	—					
Fe-Ni-Co арсениды	—					
Шеелит	—			—		
Арсенопирит	—	—		—		—
Пирротин	—					
Пирит	—		—		—	
Борнит	—	—				
Халькопирит	—	—			—	
Самородный Вi	—	—	—			
Станнин	—					
Станноидит	—					
Сфалерит	—			—		—
Галенит	—			—		—
Блѣклые руды	—	—		—		—
Самородное Au			—	—		—
Мальдонит			—			
Вi-теллуриды			—			
Вi-сульфотеллуриды			—			
Икунолит			—			
Висмутин			—			
Джемсонит					—	
Буланжерит					—	
Антимонит					—	
Sb самородная					—	
Гессит						—
Вi-сульфосоли Ag						—
Акантит						—
Самородное Ag						—
Кюстелит						—

мирование сурьмяной (антимонитовой) минерализации с самородной сурьмой и сурьмяными сульфосолями свинца и золото-серебряной ассоциации эпitherмального типа с Sb-содержащим арсенопиритом ($S / As > 1$), сульфид-

дами Cu, Pb, Zn, халькостибитом, блѣклыми рудами с повышенным содержанием серебра, акантитом, низкопробным золотом с примесью ртути, самородным серебром. Золото-серебряная ассоциация присутствует на неко-



торых участках рудного поля Кекура, но не представляет практического интереса.

Данные по температуре гомогенизации и солёности первичных флюидных включений в кварце жил и прожилков (рис. 5) свидетельствуют о том, что большая их часть в золотоносном кварце месторождения Кекура и флангов рудного поля (участки Гранат, Рыжий) гомогенизируются при температуре от 100 до 275 °С, при этом кварц с включениями с $T_{\text{гом}} < 150$ °С и низкой солёностью (до 2 мас. % NaCl экв.), скорее всего, относится к наиболее поздней по времени формирования антимонитовой минерализации или является пострудным. Температура гомогенизации основной массы включений находится в интервале 150–275 °С, при этом солёность варьирует от 4 до 10 мас. % NaCl экв. Температура эвтектики, изменяющаяся в интервале -36...-21 °С, указывает на то, что флюиды включений представляли собой раствор хлоридов натрия и магния с примесью хлоридов железа и калия.

На участках ближней периферии (Бонд, Закол), окружающих месторождение Кекура и имеющих сходный с ним минеральный состав руд, большая часть включений в кварце гомогенизируются в том же интервале температур, что и на самом месторождении.

На участке Ирис включения в кварце из секущих прожилков в пирротин-пирит-халькопиритовой зоне среди песчаников и прожилков, выявленных в изменённых гранитоидах, различаются по температуре, солёности заключённых в них флюидов и температуре эвтектики (-21...-22 и -32...-27 °С соответственно). Полученные температуры эвтектики предполагают, что в первом случае флюиды представляли собой растворы на основе хлорида натрия, возможно, с примесью бикарбоната натрия. Во втором случае основой раствора служили хлориды натрия и магния, что аналогично растворам из включений в кварце на месторождении Кекура.

На участках дальней периферии (Утайвеем и Пик Блохина), расположенных к северо-востоку от месторождения Кекура и достаточно удалённых от него, золоторудная минерализация приурочена к одноимённым грани-

тоидным массивам (локальным структурам рудно-магматической системы (РМС)) и представлена жильно-прожилковым золото-теллуридно-висмутовым типом (см. рис. 4), сходным по минеральному составу с оруденением участка Западный.

Первичные включения в кварце гомогенизируются при более высокой температуре (более 300 °С). В то же время солёность растворов большинства включений близка к таковой в кварце месторождения Кекура и участков его ближней периферии. Судя по температуре эвтектики (-37...-27 °С), флюиды включений представляли собой растворы хлоридов натрия, магния и железа, возможно, с примесью карбонатов калия и натрия. Кроме того, следует отметить гетерогенность (кипение) минералообразующих флюидов, тогда как на месторождении Кекура флюиды были гомогенными.

Золото-редкометалльное оруденение участка Лосиха в Гвардейском массиве имеет ряд индивидуальных особенностей. Если структурно-морфологический тип соответствует золото-редкометалльному оруденению в гранитоидах участка Западный, то вещественный состав руд имеет определённые отличия. Минеральный состав жильно-прожилкового оруденения: высокопробное самородное золото (см. рис. 4, г), теллуриды и сульфотеллуриды висмута. Руды не содержат арсенопирит, шеелит, молибденит, минералы олова и меди, типичные для периферийных массивов с золото-редкометалльной минерализацией.

На проявлении Лосиха в кварцевых жилах и прожилках с золото-висмутовой минерализацией $T_{\text{гом}}$ первичных включений растворов ниже данного показателя водно-солевых растворов, что указывает на «выкипание» растворов со временем. Процесс кипения подтверждается наличием сингенетичных преимущественно газовых и жидких включений. Если рассматривать включения водно-солевых растворов в кварце с золото-висмутовой минерализацией, то их параметры идентичны таковым для участков Утайвеем и Пик Блохина, где выявлен такой же тип руд. Параметры флюидных включений в жильном кварце

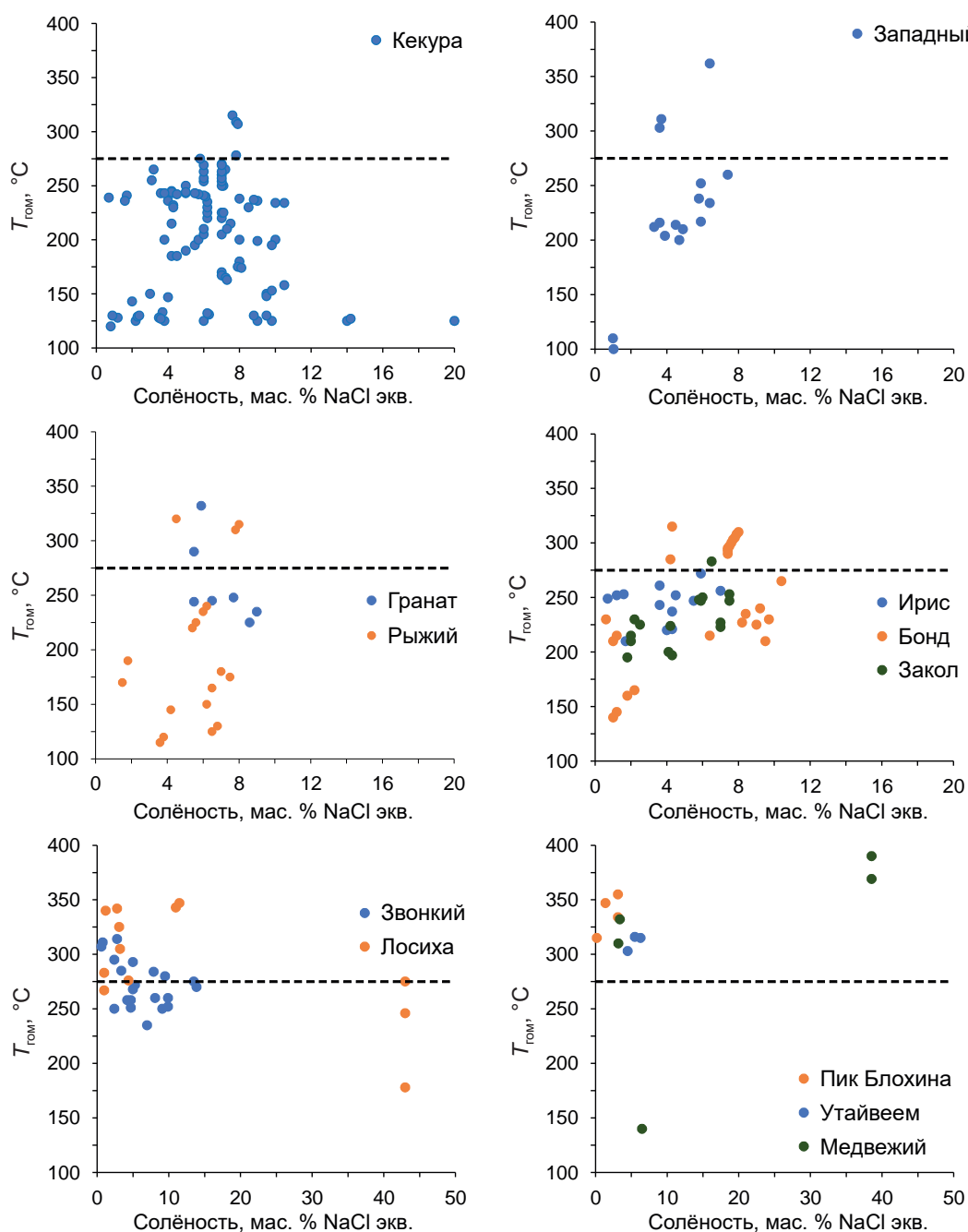


Рис. 5. Соотношение температур гомогенизации первичных включений в кварце и солёности заключённых в них флюидов золоторудных проявлений Стадухинского рудно-россыпного района:

пунктирной линией, соответствующей 275 °С, показана верхняя граница $T_{\text{гом}}$ большей части включений в кварце золотоносных жил месторождения Кекура

Fig. 5. Correlation between the temperatures of homogenization of primary inclusions in quartz and the salinity of the fluids contained in them of the gold ore occurrences of the Stadukhinsky ore-placer region:

All plots show the dotted line at 275 °C, which is the upper limit of the homogenization temperature for most of the inclusions in quartz from the Kekura gold veins



Табл. 2. Схема последовательности кристаллизации минералов золото-серебряной минерализации на участках Звонкий и Лосиха-2

Table 2. Scheme of the crystallization sequence of minerals of gold-silver mineralization at the Zvonkiy and Losikha-2 sites

Минералы	Минеральная ассоциация		
	Ранняя сульфидная	Продуктивная золото-сульфосольная	Гипергенная
Кварц	████████		
Доломит, кальцит			████████
Хлорит	————		
Серицит		— —	
Пирит	—		
Арсенопирит	████████		
Сфалерит		— —	
Аргентотетраэдрит-(Fe)		████████	
Халькопирит		— —	
Галенит		————	
Буланжерит		—	
Самородное золото		████████	
Овихиит			████████
Диафорит (?)			████████
Миаргирит (?)			████████
Прустит-пираргирит			████████
Ковеллин (?)			████████
Акантит			████████
Сульфиды Au-Ag			████████
Англезит			████████
Миметит			████████

близки к таковым в жильном кварце золото-висмутовых месторождений типа IRGS [5, 6, 12].

В кварце участка Медвежий включения рассолов более высокотемпературные, чем сингенетичные в водно-солевых растворах.

Работами последних лет на периферии магматогенного поднятия, в породах осадочной рамы, установлены новые перспективные проявления золото-серебряной минерализации. Они приурочены к системе северо-восточных разрывных нарушений, вмещающих серии даек, возраст которых по результатам U-Pb датирования ($93,6 \pm 1,2$ млн лет) меньше возраста пород интрузивных массивов. Структурно-морфологический тип оруденения кварцево-жильный. Кварцевые жилы с золото-серебряной минерализацией имеют протяжённость 100–400 м и мощность от десятков сантиме-

тров до 1 м. Они группируются в линейные зоны протяжённостью 1,5–2 км и шириной 500–800 м.

Рудная минерализация формировалась в две стадии (табл. 2). Отложение минералов ранней сульфидной ассоциации предшествовало формированию продуктивной золото-серебряной минерализации. Продуктивная золото-серебро-сульфосольная ассоциация представлена самородным золотом низкой пробы (см. рис. 4, *h, i*), соответствующим электродному. Концентраторами серебра являются сурьмяные и сурьмяно-свинцовые сульфосоли с крайне низким содержанием в них примеси мышьяка и Ag-тетраэдрита.

Кварцевые жилы и прожилки участков Звонкий и Валунный формировались при участии гетерогенных H_2O-CO_2 флюидов с при-



месью метана или азота. Флюиды можно разделить на два типа: низкосолёные (< 3 мас. % NaCl экв.) с преобладанием NaCl, $T_{\text{гом}} = 250\text{--}310$ °C и более солёные (4–14 мас. % NaCl экв.) магниевонариево-хлоридные, $T_{\text{гом}} = 250\text{--}290$ °C (см. рис. 5). Минеральный состав золото-серебряных жил, а также низкая солёность флюидных включений в жильном кварце позволяют отнести их к эпитермальным образованиям.

На основании вышеизложенного в общем развитии рудно-магматической системы Стадухинского района выделены этапы, связанные с разными фазами магматического внедрения и последовательного формирования трёх основных типов оруденения: золото-редкометалльного (Au-Te-Bi), золотокварцевого (Au-q) и золото-серебряного (Au-Ag).

В наиболее ранний этап из рудоносного флюида, связанного с восстановленными магмами, сформировалось типичное для IRGS систем золото-редкометалльное оруденение, представленное системами параллельных жил и прожилков в трещинах скола. Рудная минерализация – арсенопирит, шеелит, пирит, теллуриды и сульфотеллуриды висмута, высокопробное самородное золото (> 900 ‰). Оруденение формировалось на глубинах 2–3 км при температурах 300–340 °C из малосолёных флюидов (1,4–6,4 мас. % NaCl экв.).

В более поздний этап на глубинах, сопоставимых с выделяемой авторами [5] «эпитермальной зоной», из рудоносного флюида, вероятно, связанного со второй фазой внедрения более кислых восстановленных магм, сформировалось золотокварцевое (березитовое) оруденение месторождения Кекура и ряда участков ближней периферии. Формирование руд происходило на глубинах не более 1,5–2 км из малосолёных флюидов (3,1–5,9 мас. % NaCl экв.) в интервале температур 230–270 °C.

В заключительный этап гидротермальной деятельности, связанный с внедрением поздних даек, сформировались кварцевые жилы с золото-серебряной минерализацией. В составе рудоносных флюидов более значимую роль играют углекисло-водные растворы с солёностью 4–14 мас. % NaCl экв. Температура гомогенизации газовой-жидких включений определена в интервале 270–300 °C, $P < 1000$ кбар,

что соответствует эпитермальным системам. Минерализация золото-серебряных кварцевых жил становится существенно халькофильного состава.

Исследование вертикальной геохимической зональности золотого оруденения в Стадухинском районе по серии рудных пересечений на разных гипсометрических уровнях в массивах г. Кекура, г. Трёхречье, Гвардейский, Пик Блохина и во вмещающей раме на участке Звонкий проводилось по программе НЮ-2 [4].

В результате обработки был получен общий ряд вертикальной геохимической зональности РМС Стадухинского района (снизу вверх): Bi-Te-Na-Cu-S-As-Co-Fe-K-W-Al-Mg-Ni-Au-Mo-Ca-Sb-Mn-Zn-Pb-Ag. Данный ряд хорошо согласуется с общепринятой геолого-поисковой моделью IRGS [5], в которой элементы нижней его части (W-Te-Bi-Fe-S-Cu-Co) представляют ранний более высокотемпературный минеральный парагенезис золото-редкометалльного этапа, а элементы верхней части (Au-Ag-Sb-As-Pb-Zn) – относительно низкотемпературный парагенезис элементов золотокварцевого березитового и золото-серебряного (связанного с поздними дайками) этапов, оруденение которых относят к эпитермальной зоне (рис. 6).

По результатам обработки выявлены геохимические показатели зональности общего вида $\text{AgSbPb} / \text{BiWMoCuAs}$, которые использовались для определения уровня среза выходящих на поверхность проявлений золота.

По полученным оценкам уровень эрозионного вскрытия РМС соответствует нижним частям эпитермальной зоны с перспективами выявления на глубине основных горизонтов мезотермального золото-редкометалльного оруденения. Главным фактом, указывающим на вскрытие эрозией относительно глубоких частей РМС в гранитоидных массивах Утайвеем, Медвежий, Пик Блохина, Гвардейский, являются наиболее высокие $T_{\text{гом}}$ газовой-жидких включений, которыми обосновывается созданная из ряда фрагментов общая искусственная композиция для исследования вертикальной геохимической зональности системы IRGS в Стадухинском районе (рис. 7).

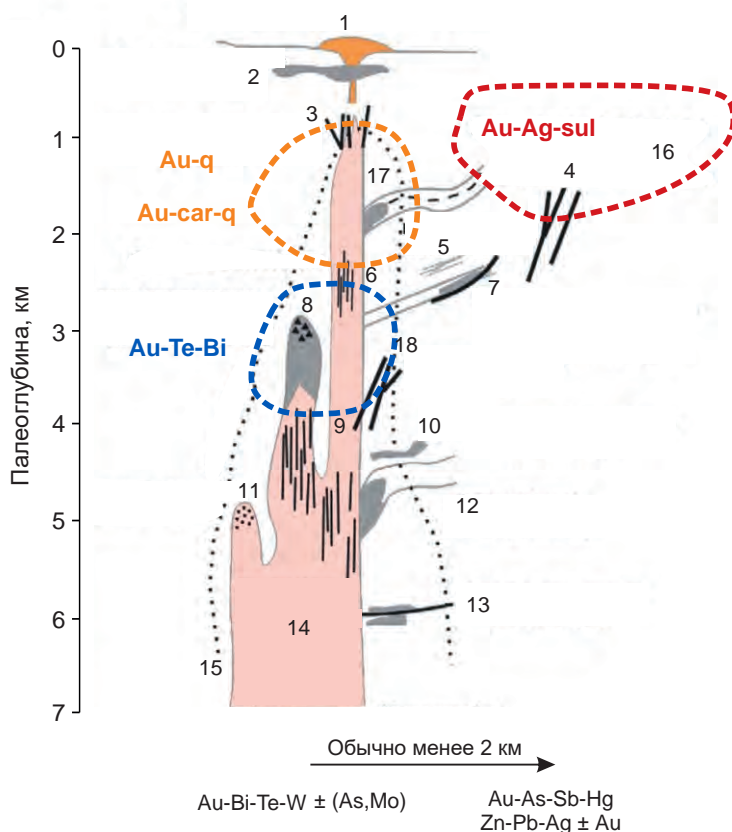


Рис. 6. Модель вертикальной рудно-геохимической зональности для золоторудной системы, связанной с интрузиями в Стадухинском рудно-россыпном районе (Западная Чукотка), по [1]:

1 – купольные комплексы, ассоциирующие с вулканическими породами; 2 – размещённые в аргиллитах Sn-Ag-W-(Au); 3 – эпitherмального уровня жилы/штоковерк Au-Ag-As-Hg; 4 – поздние и (или) периферийные жилы Ag-Pb-Zn-(Au-Sb-As) (купольный комплекс, ассоциирующие с вулканическими породами); 5 – контактовые скарны Cu-Au-Bi-(Zn); 6 – параллельные прожилки и жилы; 7 – дайки (силлы) и метаосадочные вмещающие породы Au-As-Sb-(Hg); 8 – брекчии, ассоциированные с дайками, силлами и штоками Au-Cu-Mo-W-Bi-(As-Te); 9 – крупные разломные жилы Au-As-Sb-(Bi); 10 – замещение в карбонатных сланцах Au-As ± (Bi-W); 11 – вкрапленность в плутоне Au-Mo-Bi-Te-(W-As); 12 – контактовые скарны W-Bi ± (Au, Cu, Mo); 13 – пластичные жилы замещения Au-Bi-As-W-(Mo); 14 – контактовый ореол; 15 – локализованные в интрузии параллельные прожилки Au-Bi-Te-Mo-W-As (метаалюминиевый субщелочной шток от промежуточного до фельзитового состава); области минерализации: 16 – золото-серебряной, 17 – золотокварцевой березитовой, 18 – золото-редкометалльной

Fig. 6. Model of vertical ore-geochemical zoning for the gold ore system associated with intrusions in the Staduikhinsky ore-placer region (Western Chukotka), according to [1]:

1 – dome complexes associated with volcanic rocks; 2 – located in argillite Sn-Ag-W-(Au); 3 – epithermal level vein/stockwork Au-Ag-As-Hg; 4 – late and (or) peripheral veins Ag-Pb-Zn-(Au-Sb-As) (dome complex associated with volcanic rocks); 5 – contact skarns Cu-Au-Bi-(Zn); 6 – parallel veins and veins; 7 – dikes (sills) and metasedimentary host rocks Au-As-Sb-(Hg); 8 – breccias associated with dikes, sills and stocks of Au-Cu-Mo-W-Bi-(As-Te); 9 – large fault veins Au-As-Sb-(Bi); 10 – replacement in carbonate shales Au-As ± (Bi-W); 11 – impregnation of Au-Mo-Bi-Te-(W-As) in the pluton; 12 – contact skarns W-Bi ± (Au, Cu, Mo); 13 – ductile replacement cores Au-Bi-As-W-(Mo); 14 – contact halo; 15 – parallel veinlets of Au-Bi-Te-Mo-W-As localized in the intrusion (meta-aluminum subalkaline stock of intermediate to felsic composition); areas of mineralization: 16 – gold-silver, 17 – gold-quartz beresite, 18 – gold-rare metal

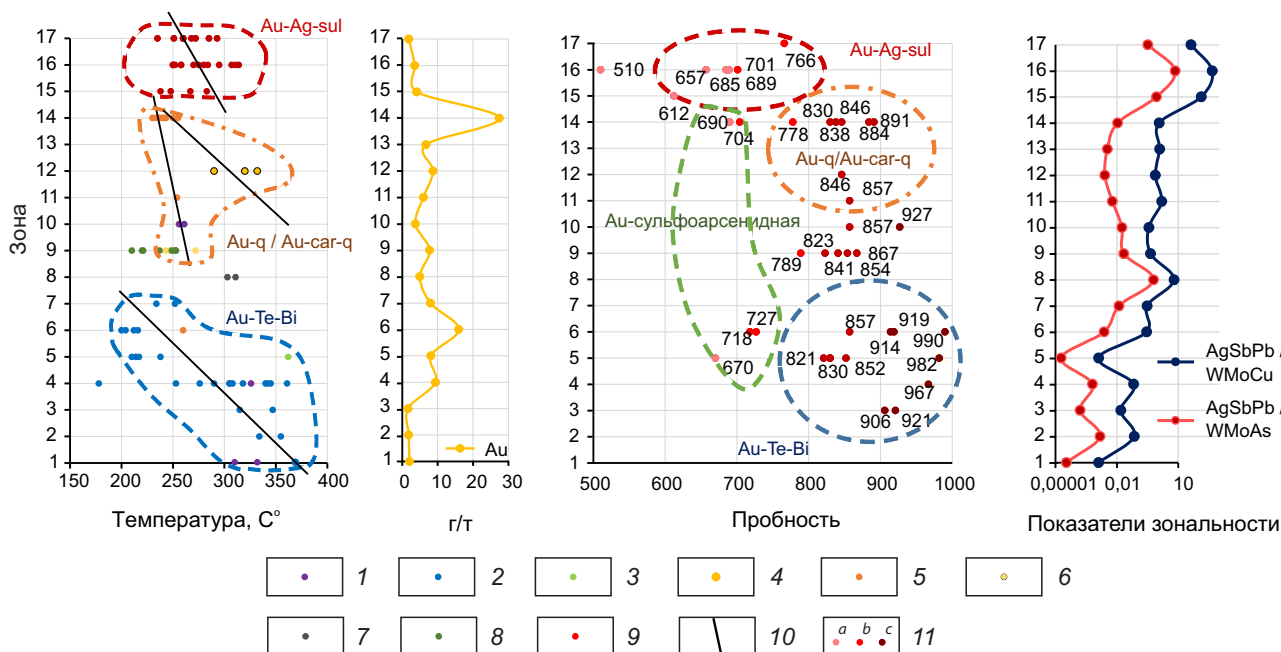


Рис. 7. Основные показатели модели вертикальной рудно-геохимической зональности для золоторудной системы, связанной с интрузиями в Стадухинском рудно-россыпном районе (Западная Чукотка):

зоны (формировались внутри участков по уровню гипсометрии для всего района исходя из геолого-генетической модели IRGS и собственных минералогических и термобарогеохимических исследований): 1–8 – золото-редкометалльные (Медвежий, Пик Блохина, Лосиха, Западный), 9–14 – золото-кварцевые березитовые (Ирис, Гранат, Рыжий, Кекура), 15–17 – золото-серебряные (Лосиха, Звонкий); типы минерализации: 1 – кварц-молибденитовый, 2 – золото-редкометалльный, 3 – золото-сульфоарсенидный, 4 – золото-кварцевый, 5 – золото-кварцевый (березитовый), 6 – Q-Chl метасоматиты, 7 – кварц-антимонитовый, 8 – ранний полиметаллический, 9 – золото-серебряный; 10 – линии трендов; 11 – золото (a – низкопробное (< 700 ‰), b – среднепробное (700–900 ‰), c – высокопробное (> 900 ‰))

Fig. 7. Main indicators of the model of vertical ore-geochemical zoning for the gold ore system associated with intrusions in the Stadukhinsky ore-placer region (Western Chukotka):

zones (formed within sites according to the level of hypsometry for the entire region based on the geological-genetic model of IRGS and our own mineralogical and thermobarogeochemical studies): 1–8 – gold-rare metal (Medvezhiy, Blokhin Peak, Losikha, Zapadnyy), 9–14 – gold-quartz beresite (Iris, Granat, Rizhiy, Kekura), 15–17 – gold-silver (Losikha, Zvonkiy); types of mineralization: 1 – quartz-molybdenite, 2 – gold-rare metal, 3 – gold-sulfoarsenide, 4 – gold-quartz, 5 – gold-quartz (beresitic), 6 – Q-Chl metasomatites, 7 – quartz-antimonite, 8 – early polymetallic, 9 – gold-silver; 10 – trend lines; 11 – gold (a – low-grade (< 700 ‰), b – medium-grade (700–900 ‰), c – high-grade (> 900 ‰))

Дополнительным критерием для оценки степени эродированности локальных рудных систем в гранитоидах является пробность золота – установлен её рост с глубиной: от электрума в золото-серебряных жилах (400–600 ‰) к золоту средней пробности в золото-кварцевых рудах (800–880 ‰) и высокопробному в парагенезисе с теллуридами висмута в золото-редкометалльном типе (> 900 ‰).

В результате выполненных исследований получены новые данные, существенно расширяющие представление о закономерностях размещения, составе, геохимической структуре, параметрах рудообразования, глубинах формирования и пульсационном характере рудно-магматического процесса в Стадухинском рудно-россыпном районе с крупным золоторудным месторождением Кекура. Разработана



модель вертикальной геохимической зональности золотого оруденения типа IRGS, определены критерии оценки уровня эрозионного среза оруденения, его распространения на глубину.

Уровень эрозионного вскрытия РМС согласно разработанной модели вертикальной геохимической зональности оценивается как соответствующий нижним частям эпитермальной зоны. Главные факты, свидетельствующие в пользу вскрытия эрозией более глубин-

ных частей в периферийных гранитоидных массивах РМС, – состав, низкие значения геохимических показателей зональности, высокая пробность золота и более высокие $T_{\text{гом}}$ газозо-жидких включений.

Впервые для таких систем выявлены промышленно перспективные золото-серебряные проявления, определена их пространственная приуроченность к локальным поясам даек в терригенных породах рамы на периферии РМС.

Список литературы

1. Волков А. В., Сидоров А. А. Прогнозно-поисковая модель месторождений золота, связанных с интрузивами гранитоидов арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. – 2018. – № 3 (31). – С. 84–99.
2. Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А., Прокофьев В. Ю., Горячев Н. А., Вознесенский С. Д., Альшевский А. В., Чернова А. Д. Золоторудное месторождение Школьное (Северо-Восток России) // Геология рудных месторождений. – 2011. – Т. 53, № 1. – С. 3–31.
3. Соколов С. Д., Тучкова М. И., Ганелин А. В., Бондаренко Г. Е., Лейер П. Тектоника Южно-Анжуйской сутуры (Северо-Восток Азии) // Геотектоника. – 2015. – № 1. – С. 5–30.
4. Соловов А. П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 294 с.
5. Baker T. Emplacement depth and carbon dioxide-rich fluid inclusions in intrusion-related gold deposits // Economic Geology. – 2002. – V. 97. – P. 1111–1117.
6. Baker T., Pollard P. J., Mustard R., Mark G., Graham J. L. A comparison of granite-related tin, tungsten, and gold-bismuth deposits: implications for exploration // SEG Newsl. – 2005. – № 61. – С. 5–17.
7. Hart C. J. R. Reduced intrusion-related gold systems // Mineral deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division. – 2007. – Spec. Publ. No 5. – P. 95–112.
8. Hart C. R. J. Classifying, distinguishing and exploring for intrusion-related gold systems / The Gangee, Geological Association of Canada // Mineral Deposits Division. – 2005. – № 87 (1). – P. 4–9.
9. Hedenquist J. W., Lowenstern J. B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits // Nature. – 1994. – № 370. – P. 519–527.
10. Lang J., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // Mineralium Deposita. – 2001. – № 36 (6). – P. 477–489.
11. Sillitoe R. H. Intrusion-related gold deposits // Gold metallogeny and exploration / ed. R. P. Foster. – Blackie, Glasgow, 1991. – P. 165–209.
12. Thompson J. F. H., Sillitoe R. H., Baker T., Lang J. R., Mortensen J. K. Intrusion related gold deposits associated with tungsten-tin provinces // Mineralium Deposita. – 1999. – № 34. – P. 323–334.
13. Vikent'eva O. V., Prokofiev V. Yu., Gamyanin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids // Ore Geology Reviews. – 2018. – V. 102. – P. 240–259.

References

1. Volkov A. V., Sidorov A. A. Prognozno-poiskovaya model' mestorozhdenii zolota, svyazannykh c intruzivami granitoidov arkticheskoi zony Rossii [Forecast-exploration model of gold deposits associated with granitoid intrusions of the Russian Arctic zone], *Arktika: ekologiya i ekonomika* [Arctic: Ecology and Economy], 2018, No 3 (31), pp. 84–99. (In Russ.).
2. Volkov A. V., Savva N. E., Sidorov A. A., Prokofiev V. Yu., Goryachev N. A., Voznesensky S. D., Al'shevsky A. V., Chernova A. D. Zolotorudnoe mestorozhdenie Shkol'noe (Severo-Vostok Rossii)



- [Shkol'noe gold deposit, the Russian Northeast], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2011, V. 53, No 1, pp. 3–31. (In Russ.).
3. Sokolov S. D., Tuchkova M. I. Ganelin A. V., Bondarenko G. E., Leier P. Tektonika Yuzhno-Anyuiskoi sutury (Severo-Vostok Azii) [Tectonics of the South Anyui suture, Northeastern Asia], *Geotektonika* [Geotectonics], 2015, No 1, pp. 5–30. (In Russ.).
 4. Solovov A. P. Geokhimicheskie metody poiskov mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh [Geochemical methods of prospecting for mineral deposits], Moscow, Nedra Publ., 1985, 294 p.
 5. Baker T. Emplacement depth and carbon dioxide-rich fluid inclusions in intrusion-related gold deposits // *Economic Geology*. – 2002. – V. 97. – P. 1111–1117.
 6. Baker T., Pollard P. J., Mustard R., Mark G., Graham J. L. A comparison of granite-related tin, tungsten, and gold-bismuth deposits: implications for exploration, *SEG Newsl.*, 2005, No 61, pp. 5–17.
 7. Hart C. J. R. Reduced intrusion-related gold systems, Mineral deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada, *Mineral Deposits Division*, 2007, Spec. Publ., No 5, pp. 95–112.
 8. Hart C. R. J. Classifying, distinguishing and exploring for intrusion-related gold systems, The Gangue, Geological Association of Canada, *Mineral Deposits Division*, 2005, No 87 (1), pp. 4–9.
 9. Hedenquist J. W., Lowenstern J. B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits, *Nature*, 1994, No 370, pp. 519–527.
 10. Lang J., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding, *Mineralium Deposita*, 2001, No 36 (6), pp. 477–489.
 11. Sillitoe R. H. Intrusion-related gold deposits, Gold metallogeny and exploration, ed. R. P. Foster, Blackie, Glasgow, 1991, pp. 165–209.
 12. Thompson J. F. H., Sillitoe R. H., Baker T., Lang J. R., Mortensen J. K. Intrusion related gold deposits associated with tungsten-tin provinces, *Mineralium Deposita*, 1999, No 34, pp. 323–334.
 13. Vikent'eva O. V., Prokofiev V. Yu., Gamyarin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S. Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids, *Ore Geology Reviews*, 2018, V. 102, pp. 240–259.

Николаев Юрий Николаевич (nikolaev@geol.msu.ru)

кандидат геол.-минерал. наук, доцент ¹

Балыкова Ирина Владимировна

аспирант ¹

Кузин Сергей Владимирович

директор по минеральным ресурсам ²

Бакшеев Иван Андреевич

кандидат геол.-минерал. наук, доцент ¹

Аплеталин Андрей Владимирович

старший преподаватель ¹

Прокофьев Всеволод Юрьевич

доктор геол.-минерал. наук, профессор, заведующий лабораторией геохимии ³

Власов Евгений Алексеевич

кандидат геол.-минерал. наук, доцент ¹

Калько Ильдар Анатольевич

кандидат геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник ¹

Косятов Валерий Валентинович

руководитель проектов ГРР ²

¹ МГУ, г. Москва, Россия

² Холдинговая компания «СТЕНМИКС ХОЛДИНГ ЛИМИТЕД», г. Москва, Россия

³ ИГЕМ, г. Москва, Россия



СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.24:553.41 (575.2)

Кварц-турмалиновые метасоматиты на месторождениях золота в Актюз-Боординском рудном районе (Северный Тянь-Шань, Кыргызстан)

Пак Н. Т.¹, Ивлева Е. А.¹, Шатов В. В.², Шатова Н. В.², Гончаренко А. А.¹

¹ Институт геологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика; ² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ), г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В Актюз-Боординском рудном районе в Северном Тянь-Шане развиты многочисленные месторождения и рудопроявления золота, редких и редкоземельных металлов и полиметаллов. Золоторудные месторождения характеризуются наличием ряда метасоматитов: березитов, листвени-тов, калишпатитов и др. Для многих из них характерны также кварц-турмалиновые золотоносные метасоматиты. Приводится минералого-петрографическое описание метасоматической зональности кварц-турмалиновых метасоматитов от слабо- до сильноизменённых зон. Кварц-турмалиновые метасоматиты образуют жилообразные тела и метасоматические брекчии, где они выполняют роль це-мента, а обломки могут состоять из интрузивной породы, березитов, калишпатитов, листвени-тов. Для Актюз-Боординского рудного района кварц-турмалиновые метасоматиты являются поисковым при-знаком на золото, а для других районов – поисковым критерием.

Ключевые слова: метасоматит, зональность, березит, листвени-т, золото, турмалин, возраст, мета-соматическая брекчия.

Для цитирования: Пак Н. Т., Ивлева Е. А., Шатов В. В., Шатова Н. В., Гончаренко А. А. Кварц-турмалиновые метасоматиты на месторождениях золота в Актюз-Боординском рудном районе (Северный Тянь-Шань, Кыргызстан). Руды и металлы. 2023. № 3. С. 106–120. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10015.

Quartz-tourmaline metasomatites in gold deposits in Aktyuz-Boordinsky ore district (Northern Tien Shan, Kyrgyzstan)

Pak N. T.¹, Ivleva E. A.¹, Shatov V. V.², Shatova N. V.², Goncharenko A. A.¹

¹ Institute of Geology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic;

² All-Russian Scientific Research Geological Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russia

Annotation. In the Aktyuz-Boordinsky ore district in the Northern Tien Shan, numerous deposits and ore occurrences of gold, rare and rare earth metals and base metals are discovered. Gold deposits are characterized by the presence of a number of metasomatites: beresites, listvenites, K-feldspatites, etc. Many of them are also characterized by quartz-tourmaline gold-bearing metasomatites. A mineralogical and petrographic description of the metasomatic zoning of quartz-tourmaline metasomatites from weakly to highly altered zones is given. Quartz-tourmaline metasomatites form vein-like bodies and metasomatic breccias, where they act as cement, and the fragments can consist of intrusive rock, beresites, K-feldspatites, and listvenites. For the Aktyuz-Boordinsky ore district, quartz-tourmaline metasomatites are a prospecting feature for gold, and for other areas they are a prospecting criterion.

Key words: metasomatite, zoning, beresite, listvenite, gold, tourmaline, age, metasomatic breccia.

For citation: Pak N. T., Ivleva E. A., Shatov V. V., Shatova N. V., Goncharenko A. A. Quartz-tourmaline metasomatites in gold deposits in Aktyuz-Boordinsky ore district (Northern Tien Shan, Kyrgyzstan). Ores and metals, 2023, № 3, pp. 106–120. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10015.



Кварц-турмалиновые метасоматиты (КТМ) являются индикаторами ряда золоторудных месторождений в России (Дарасун, Теремкинское, Ключевское), Казахстане (Васильковское, Уштаган, Шешенкара, Железная Горка и др.), Монголии (Хармагтай) и других странах [8]. Золотоносные КТМ периодически встречаются в разных районах Северного Тянь-Шаня на золото-медно-порфировых (Талды-Булак, Андаш, Узунбулак) и золоторудных месторождениях. Один из таких районов – Актюз-Боординский рудный, расположенный на севере Кыргызстана (рис. 1).

Рудный район находится на участке обширного Кыргызско-Казахского аллохтона, расчлененного на несколько этажей шарьяжных зон, которые обуславливают его покровно-чешуйчатое строение. Район имеет сложное мозаично-блоковое строение, где ведущая роль принадлежит крупным тектоническим блокам докембрийских метаморфических пород, прорванных разновозрастными многофазными магматическими образованиями [10]. Район характеризуется высокой степенью рудонасыщенности (см. рис. 1). В нём обнаружены месторождения золота, полиметаллов, редких

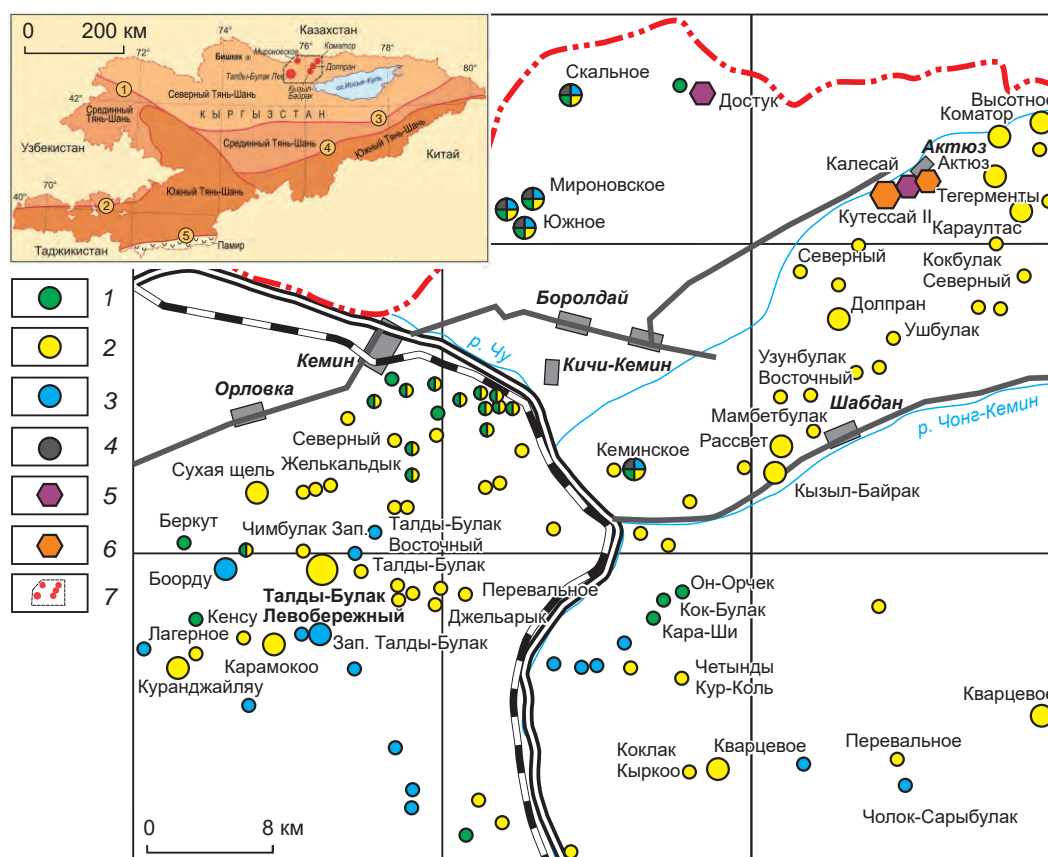


Рис. 1. Рудные месторождения Актюз-Боординского рудного района и схема его размещения:

1 – медь; 2 – золото; 3 – свинец-цинк; 4 – редкие металлы; 5 – бериллий; 6 – редкие земли; на схеме: 7 – Актюз-Боординский рудный район; цифры в кружках – основные разломы: 1 – Таласо-Ферганский, 2 – Южно-Ферганский, 3 – линия Николаева, 4 – Атбаш-Иныльчекский, 5 – Вахшский

Fig. 1. Ore deposits of the Aktuz-Boordinsky ore district and the layout of its location:

1 – copper; 2 – gold; 3 – lead-zinc; 4 – rare metals; 5 – beryllium; 6 – rare earths; on the diagram: 7 – Aktuz-Boordinsky ore district; numbers in circles are the main faults: 1 – Talas-Fergana, 2 – South Fergana, 3 – Nikolaev line, 4 – Atbashi-Inylchek, 5 – Vakhsh



металлов, редких земель и радиоактивных элементов как результат совмещения металлогенических структур (рудных поясов и зон) с различной рудной специализацией [3]. Среди них большой интерес представляют месторождения золота: крупное (Талды-Булак Левобережный) и ряд мелких и средних. На многих из них развиты КТМ, вмещающие золотое оруденение [6], в частности Талды-Булак Левобережный, Мироновское, Коматор, Долпран, Кызыл-Байрак и др. (см. рис. 1).

Вмещающие породы этих месторождений – докембрийские метаморфические комплексы, которые прорываются докембрийскими и палеозойскими интрузиями. В рудном районе выделяют два крупных докембрийских метаморфических комплекса: более древний – актюзский (PR₁) [2], затем следует кеминский [11], а на них с тектоническим несогласием залегают зеленосланцевые породы куперлисайской свиты. Золоторудные месторождения в основном приурочены к кеминскому комплексу (PR₂?) гнейсов, мигматитов, слюдистых и амфиболовых сланцев, мраморов с линзами и прослоями амфиболитов (месторождения Талды-Булак Левобережный, Долпран, Кызыл-Байрак) и куперлисайской свиты (R₂?) амфиболитов и актинолитовых сланцев с реликтами базальтов и диабазов (месторождения Талды-Булак Левобережный, Мироновское, Коматор).

Кеминский комплекс разными исследователями подразделяется на несколько отдельных метаморфических комплексов. Чаще всего в нём выделяют онарыкский и тегерментинский комплексы [2], но иногда применяют более дробное деление на онарыкский, джолбулакский, конджонский, тегерментинский комплексы (В. П. Морозов и др., 1993), что порой вызывает путаницу (в данной статье к докембрийским метаморфическим породам применены названия «комплекс» или «свита», имеющие равное значение). Так, породы кеминского комплекса, развитые в районе месторождения Талды-Булак Левобережный, на геологической карте Кыргызстана [1] обозначены как онарыкский комплекс, в съёмочном отчёте эти же породы обозначены как кон-

джонский комплекс (В. П. Морозов и др., 1993), а Б. А. Трифонов, который является одним из пионеров изучения месторождения Талды-Булак Левобережный, эти породы относит к тегерментинской свите [9]. Описывая геологию месторождений, авторы придерживаются названий метаморфических комплексов, принятых рудными геологами для каждого конкретного месторождения. Возрасты метаморфических пород приняты нами согласно работе [1], хотя на основании проведённого U-Pb (SHRIMP) датирования по цирконам А. Крёнер и его коллеги [11] относят эти породы к более молодым образованиям.

На золоторудных месторождениях в различных сочетаниях проявлены метасоматически изменённые породы: калишпатиты, березиты, листовениты, кварц-полевошпатовые метасоматиты, аргиллизиты и др. Общими для обсуждаемых в статье месторождений являются развитые на них золотоносные КТМ, которые могут формироваться по породам различного состава: амфиболитам, сланцам, песчаникам, интрузивным породам и др. Кварц-турмалиновые метасоматиты образуют линзовидные, гнездообразные, прожилково-ветвистые тела, часто брекчиевидного облика, где они играют роль метасоматического цемента среди трещиноватой дроблёной замещаемой породы (рис. 2). Макроскопически они распознаются по пятнистой чёрной, тёмно-серой окраске. Часто выветрелые поверхности образцов похожи на «сажистые» образования, которые обусловлены микроскопическими размерами турмалина.

Формирование КТМ покажем на примере месторождения Коматор.

Месторождение Коматор находится в 6 км к востоку от пос. Актюз среди метаморфических пород и приурочено к зоне разлома. Непосредственно в строении месторождения участвуют породы куперлисайской свиты (R₂?), которые представлены здесь в основном амфиболовыми сланцами (рис. 3). Они состоят из амфибола актинолит-роговообманкового ряда (60–90 %), плагиоклаза (5–10 %), кварца (5–10 %), эпидота, цоизита, хлорита. Структура сланцев микрогранонематобластовая, тек-

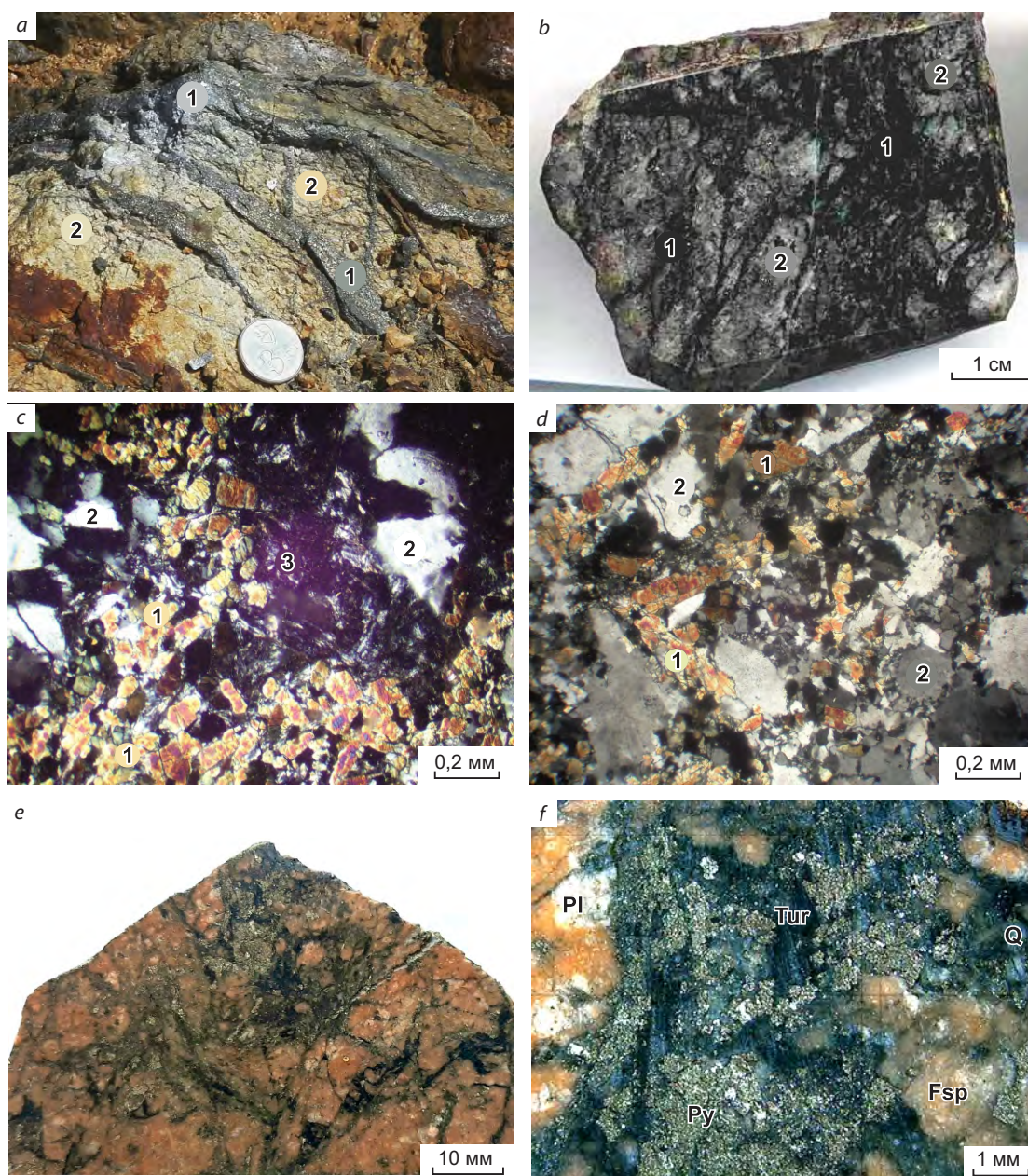


Рис. 2. Кварц-турмалиновые метасоматиты:

a – КТМ (1) секут березиты (2), месторождение Талды-Булак Левобережный; *b* – КТМ (1) секут листвениты (2), месторождение Долпран; *c, d* – микрофотографии шлифов, николи + (в кружках: 1 – турмалин, 2 – кварц, 3 – хлорит); *e, f* – брекчия в сиенит-порфирах с кварц-турмалиновым метасоматическим цементом (чёрное): Pl – плагиоклаз, Fsp – калиевый полевой шпат, Tur – турмалин, Q – кварц, Py – пирит, месторождение Талды-Булак Левобережный

Fig. 2. Quartz-tourmaline metasomatites:

a – quartz-tourmaline metasomatites (1) cutting beresites (2), Taldy-Bulak Levoberezhny deposit; *b* – quartz-tourmaline metasomatites (1) cuty listvenites (2), Dolpran deposit; *c, d* – microphotographs of thin sections, nicol +; in circles: 1 – tourmaline, 2 – quartz, 3 – chlorite; *e, f* – breccia in syenite porphyry with quartz-tourmaline metasomatic cement (black): Pl – plagioclase, Fsp – potassium feldspar, Tur – tourmaline, Q – quartz, Py – pyrite, Taldy-Bulak Levoberezhny deposit

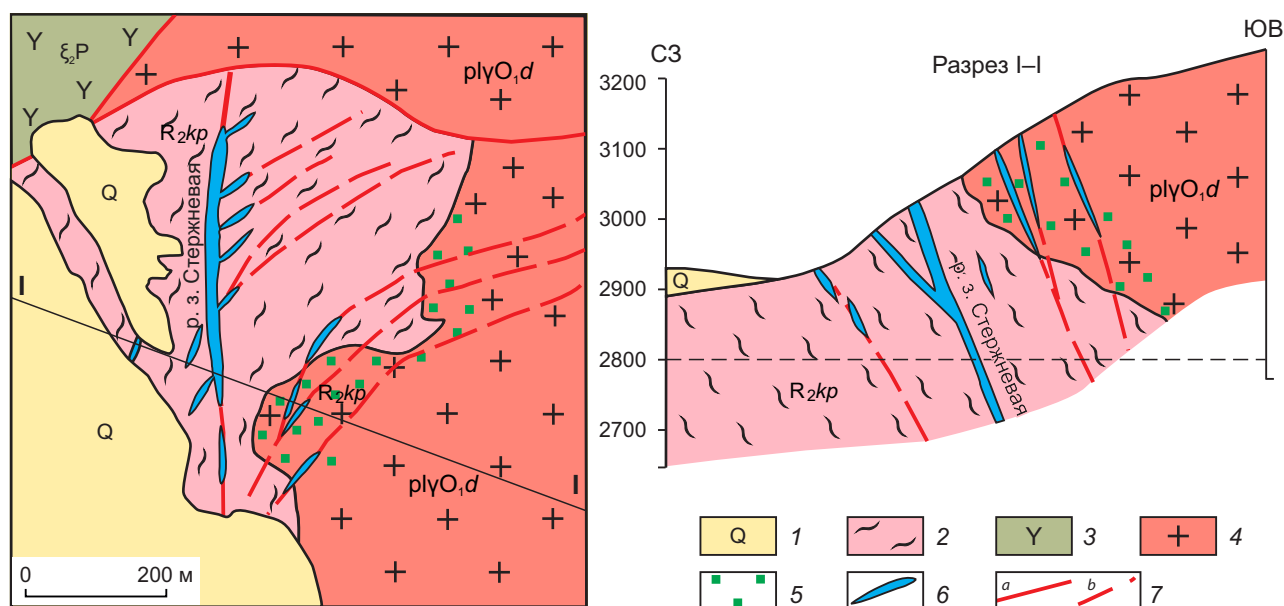


Рис. 3. Схематическая геологическая карта месторождения Коматор:

I – четвертичные отложения; 2 – куперлисайская свита (R_2kp): амфиболовые сланцы, амфиболиты, гнейсы; 3 – сиенодиориты, диориты (ξ_2P); 4 – долпранский интрузивный комплекс ($plyO_1d$): плагиограниты, гранодиориты; 5 – березиты; 6 – рудные тела; 7 – разломы: *a* – основные; *b* – оперяющие

Fig. 3. Schematic geological map of Komator deposit:

I – Quaternary sediments; 2 – Kuperlisay suite (R_2kp): amphibole schists, amphibolites, gneisses; 3 – syenodiorites, diorites (ξ_2P); 4 – Dolpran intrusive complex ($plyO_1d$): plagiogranites, granodiorites; 5 – beresites; 6 – ore bodies; 7 – faults: *a* – main; *b* – feathering

стура сланцеватая. Размеры зёрен составляют сотые и десятые доли миллиметра. В меньшем количестве присутствуют амфиболиты, слюдястые сланцы, гнейсы и мигматиты.

Интрузивные породы на месторождении представлены массивом долпранского комплекса ($plyO_1d$), пермскими дайками и штоками кыртабылгинского комплекса ($P?kb$).

Долпранский комплекс представлен порфировидными, крупно-, среднекристаллическими плагиогранитами и гранодиоритами, секущими толщи куперлисайской свиты. Плоскость контакта падает на восток под интрузию под углом 70–80°. Плагиограниты состоят из пелитизированного олигоклаза (45–60 %), кварца (25–35 %), калишпата (5 %), биотита (5 %). Во вмещающих их амфиболовых сланцах наблюдаются мигматизация и ороговико-

вание. Возраст интрузий долпранского комплекса по циркону составляет 472 млн лет, что соответствует раннему ордовику [11].

Кыртабылгинский комплекс пермского возраста в районе месторождения представлен серией штоков и даек сиенит-порфиров, кварцевых диоритовых порфиров, гранитов, на самом месторождении вскрытых в штольнях.

Метасоматические породы. Для месторождения характерна интенсивная метасоматическая переработка вмещающих пород, изменению подвергнуты как метаморфические, так и магматические породы. Изменения представлены калишпатитами, скарнированными породами, березитами, листовенитами, пропилитами. Особый интерес представляют золотоносные КТМ, которые широко распространены на месторождении. Они развиваются по



амфиболитам, амфиболовым сланцам, занимают текущее положение по отношению к другим метасоматитам.

Исследования, проведенные на месторождении, показали наличие последовательных переходов от неизменённых амфиболитов и амфиболовых сланцев до кварц-турмалиновых и турмалиновых метасоматитов и жил. Изменения проявляются сначала в частичной, а затем более полной хлоритизации и карбонатизации амфиболов и плагиоклазов. Тектурные особенности не изменяются. Структура становится тонкозернистой за счёт замещения первичных минералов более мелкими новообразованными. Порода становится более плотной. При усилении метасоматического процесса хлорит и реликты амфибола и плагиоклаза замещаются серицитом, количество карбоната уменьшается, а кварца увеличивается. Порода преобразуется в кварц-хлорит-серицитовый метасоматит (см. рис. 2, с). В нём проглядывается тень текстуры сланцев. Иногда появляются отдельные кристаллы и скопления турмалина. В дальнейшем хлорит полностью замещается кварцем и серицитом. Образуется кварц-серицитовая зона, которая полностью теряет структурно-тектурные особенности первичных пород – амфиболитов и сланцев. Серицит располагается между зёрнами кварца. В кварц-серицитовой зоне выделяются вкрапления, гнезда и агрегаты турмалина.

Во всех зонах порода имеет тонкозернистую структуру с размерами зёрен сотые и десятые доли миллиметра. Количественные соотношения минералов сильно варьируют. Однако заметно преобладание кварца в более изменённых породах.

Кварц-серицитовая зона сменяется кварц-турмалиновой (см. рис. 2, d). Турмалин образует скопления в виде гнезд из разноориентированных кристаллов и густые вкрапления среди кварца. Количество кварца 60–80 %, турмалина 20–40 %. Зернистость пород увеличивается до 0,5–1 мм. Среди кварц-турмалиновой породы встречаются прожилки, нацело сложенные призматическим турмалином. Они имеют ветвящийся характер, занимают осевую часть кварц-турмалиновой зоны и образуют сетчатую текстуру. Наблюдаемая зо-

нальность может быть выражена следующей идеализированной метасоматической колонкой:

0. Амфибол, плагиоклаз, кварц;
1. Амфибол, плагиоклаз, кварц, хлорит, карбонат;
2. Кварц, альбит, серицит, хлорит, карбонат;
3. Кварц, серицит, хлорит, карбонат;
4. Кварц, серицит, хлорит (\pm турмалин);
5. Кварц, серицит, турмалин;
6. Кварц, турмалин;
7. Турмалин.

Выявленная метасоматическая зональность отвечает кварц-хлорит-турмалиновой метасоматической формации, описанной Б. И. Омеляненко [5]. Образование турмалина он связывает с высокой активностью бора. Отличие состоит в том, что в нашем случае турмалин появляется уже в средних зонах метасоматической колонки. По нашему мнению, формацию следует называть кварц-турмалиновой метасоматической. Данная формация на месторождении Коматор впервые выделена Н. Т. Паком [6].

Кварц-турмалиновые метасоматиты обнаружены во всех канавах, вскрывающих рудные тела. Мощность внешней зоны (1) достигает десятка метров, однако слабые изменения в сланцах отмечаются только при микроскопических исследованиях. Мощности следующих зон (2, 3 и 4) не превышают 0,5–1 м, а зоны 5 и 6 имеют мощности от сантиметров до десятка сантиметров. Турмалиновая зона чаще всего составляет 1–3 мм, однако она имеет ветвящийся характер, и в результате сочленения примыкающих зон общая мощность зон 5, 6 и 7 может составлять 1–3 м. Внутренние зоны (5, 6 и 7) КТМ принимают непосредственное участие в строении рудных тел, а внешние обрамляют их. Часто внутренние зоны подвержены дроблению и ожелезнению, местами секутся более поздними кварцевыми и кальцитовыми жилами мощностью 5–10 см.

Метасоматические изменения затронули также интрузию гранитов. Метасоматиты образуют околотрещинные контрастные линейные зоны мощностью до 1–5 м. Изменения выражены в серицитизации, окварцевании и пиритизации и относятся к процессу березитизации.



Оруденение. На месторождении прослежена одна главная субвертикальная линейная рудная зона (Стержневая), имеющая меридиональное простирание. Протяжённость зоны на поверхности около 800 м, мощность от 1 до 10–12 м. Зона представляет собой тектонический разлом, выполненный трещиноватыми, дроблёнными, ожелезнёнными, окварцованными породами, изменёнными амфиболовыми сланцами. Рудная зона сложена одним или несколькими параллельными рудными телами, хорошо выдержанными по простиранию на поверхности и прерывистыми на горизонте штольни (100–120 м от поверхности). Мощности рудных тел на глубине уменьшаются. От основной рудной зоны отходят маломощные (до 1 м) оперяющие рудные зоны северо-восточного простирания.

Золотоносность неизменённых сланцев колеблется от 0,005 до 0,015 г/т, слабоизменённых сланцев – до 0,05 г/т. Кварц-хлорит-серицитовая и кварц-серицитовая с турмалином зоны обладают повышенной, иногда промышленной золотоносностью. Здесь содержания Au варьируют от 0,015 до 5 г/т, максимальные значения (до 50 г/т) наблюдаются в передроблённых, ожелезнённых, окварцованных породах, которые представляют собой внутренние зоны КТМ с резким преобладанием кварца и подчинённым количеством серицита и турмалина. Поздние кварцевые жилы содержат Au не более 0,3 г/т.

Оперяющие рудные зоны в амфиболовых сланцах сложены теми же метасоматитами, что и основная зона, а в гранитах – березитами. Содержания Au в них достигают 20 г/т, но обычно 1–2 г/т и менее.

Основной компонент – самородное золото в ассоциации с кварцем, турмалином, пиритом. Размеры золотинок не превышают десятых долей миллиметра, преобладает золото пылевидное и очень мелкое, отмечается как высокопробное, так и низкопробное. Содержание Ag в золоте колеблется от 0,0 до 5,3 % в высокопробных золотинок и от 16,4 до 28,4 % в низкопробных. Таким образом, некоторые золотинок представлены серебросодержащей разновидностью – электрумом. Второй полезный

компонент – серебро. Его содержания достигают в единичных пробах 350 г/т.

Самым распространённым сульфидом является пирит, его содержания достигают 3 %, размеры чаще всего до 1 мм. Пирит встречается как в виде рассеянной вкрапленности мелких одиночных кристаллов, так и в виде прожилков и гнезд, редко образует штучные выделения. Из других рудных минералов присутствуют арсенопирит, халькопирит, борнит, блёклые руды и др., впрочем, не имеющие практического значения.

Кварц-турмалиновые метасоматиты развиваются после процессов лиственитизации и березитизации, и это выразилось в следующей вертикальной зональности. На глубоких горизонтах отмечаются выклинивание КТМ, уменьшение мощности рудных тел, уменьшение содержания золота в два-пять раз, появляется прерывистость рудных тел. Одновременно с глубиной фиксируется большее развитие лиственитизации по амфиболитам и сланцам.

Месторождение Долпран. Вмещающие породы района месторождения сложены метаморфическими породами тегерментинской толщи – гнейсами, амфиболитами, мигматитами, слюдяными сланцами с линзами и блоками кварц-карбонатного состава и мраморов. Северо-восточная часть сложена гранодиоритами ордовикского тасакеминского комплекса ($\gamma\delta O_1 tk$). Возраст гранодиоритов, полученный U-Pb методом SHRIMP по циркону, составляет $471,9 \pm 3,5$ и $472 \pm 3,1$ млн лет [11]. Гранодиориты по взбросо-надвику надвинуты на метаморфические толщи с северо-востока на юго-запад. Вдоль надвиговой зоны прослеживается полоса метасоматически изменённых пород, к которым приурочена рудная минерализация месторождения Долпран.

Месторождение делится на Северный и Южный участки. На Северном участке преобладает кварц-хлорит-сульфидный тип руд, а на Южном – тремолит-актинолитовый.

Метасоматические изменения представлены хлоритизацией, окварцеванием, серицитизацией. Основная часть процессов развивается по метаморфическим породам, реже – по



интрузивным. По соотношению метасоматических ассоциаций выделяются листвениты и березиты. Характерной особенностью является наличие площадных полей турмалинизации. Встречены КТМ, секущие листвениты, где они заполняют трещины и создают брекчиевидную текстуру (см. рис. 2, *b*). Внутри этих полей и за их пределами встречены более локальные зоны золотоносных КТМ. Макроскопически это мелко-среднезернистые породы серовато-зелёного, тёмно-зелёного, почти чёрного цвета. Состоят из переменного количества главных минералов – турмалина (25–40 %), кварца (35–60 %), хлорита (до 10 %), второстепенных и аксессуарных – карбоната, серицита, апатита, сфена, циркона, рутила, ожелезнённого лейкоксена, рудных минералов (пирита, часто замещённого минералами группы лимонита и др.). Структура породы гранобластовая с участками лепидогранобластовой. Текстура полосчатая, сетчатая.

Турмалин имеет зелёную окраску с плеохроизмом от тёмно-зелёного до светло-зелёного и светло-бурого цвета. Представлен удлинёнными, короткопризматическими и почти округлыми (в сечении) кристаллами, образующими тонкозернистые агрегаты, прожилковидные выделения, гнездовидные скопления. Размер выделений турмалина 0,01–0,1 мм в поперечном сечении.

Кварц образует зёрна почти изометрической и неправильной формы с неровными, волнисто-зазубренными границами, волнисто-мозаичным погасанием и участками перекристаллизации. Размеры зёрен кварца варьируют от 0,02 до 1,5 мм.

Главные рудные минералы – пирит, халькопирит и арсенопирит. Золото ассоциирует с кварцем и сульфидами. Площадные поля КТМ являются безрудными или слабозолотоносными, а более контрастные зоны КТМ несут промышленное золотое оруденение.

Месторождение Талды-Булак Левобережный. Крупное месторождение с запасами золота до 130 т при средних содержаниях 6–7 г/т разрабатывается подземным способом. Оно развивалось в несколько стадий, но основное промышленное оруденение было сформировано в условиях постколлизийной активизации

в силурийское время. В строении месторождения участвуют докембрийские метаморфические породы: амфиболиты, биотит-амфиболовые и хлорит-амфиболовые сланцы, мигматиты, слюдястые сланцы и гнейсы. Метаморфические породы прорываются дайками, мелкими штоками и силлами сиенит-порфиров и монцодиоритов, U-Pb возраст которых по циркону составляет 440 млн лет (S), и палеогеновыми дайками долеритов. Считается, что силурийские интрузивные породы являются материнскими для золоторудной минерализации, Re-Os возраст золотоносного пирита на месторождении составляет 434 млн лет [13]. Формирование метасоматитов и золотой минерализации, по нашему мнению, связано с постмагматической деятельностью интрузий сиенит-порфиров и монцодиоритов.

Золотое оруденение располагается в крупной зоне смятия общей мощностью более 700 м. Зона смятия представляет собой хаотичное нагромождение обломков различных пород: сланцев, амфиболитов, гнейсов и др. В ней выделяются три локальные зоны дробления: Нижняя, Средняя и Верхняя. Основное промышленное оруденение приурочено к Нижней зоне, а верхние части рудных залежей размещаются в Средней зоне (рис. 4). Рудные тела протяжённостью 200–500 м, мощностью до нескольких десятков метров представлены сульфидной вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией. Наблюдаются две системы рудных тел: крутопадающие и пологие. Система пологих рудных тел – главная, рудные тела пластообразные и в целом субсогласные элементам зоны смятия. Система крутопадающих тел имеет резко подчинённое значение, контролируется в основном разрывными структурами. Золото-сульфидное вкрапленное оруденение тяготеет к кровле зоны смятия и часто контролируется КТМ, которые имеют единый структурный план со штоками и дайками монцодиоритов.

Месторождение характеризуется развитием значительных объёмов метасоматически изменённых пород как в пределах рудных зон, так и в околорудном пространстве [7]. Породы подвергаются серицитизации, окварцеванию, турмалинизации, карбонатизации и другим

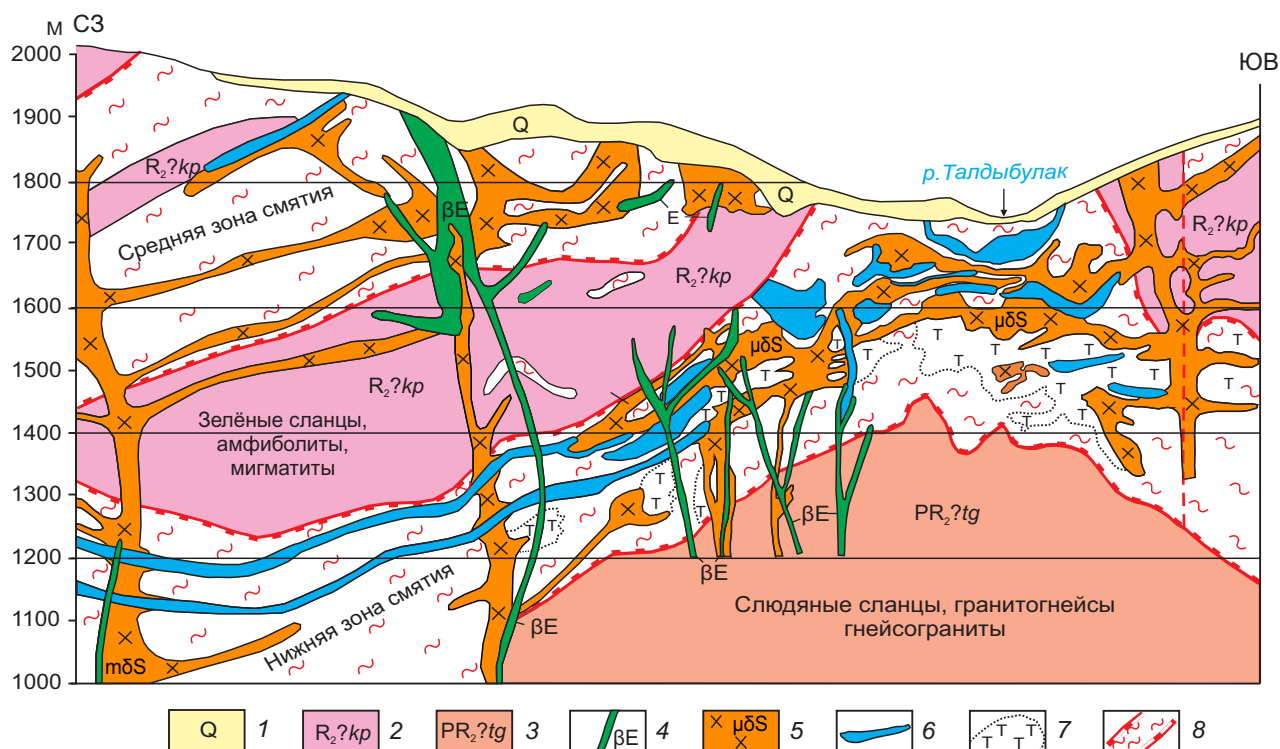


Рис. 4. Схематический геологический разрез месторождения Талды-Булак Левобережный (по Б. А. Трифонову, с изменениями [9]):

1 – четвертичные отложения; 2 – куперлисайская свита; 3 – тегерментинская свита; 4 – палеогеновые дайки долеритов; 5 – дайки и силлы монцодиоритов, сиенит-порфиров; 6 – золоторудные тела; 7 – поля развития кварц-турмалиновых метасоматитов; 8 – зоны смятия

Fig. 4. Schematic geological section of the Taldy-Bulak Levoberezhny deposit (according to B. A. Trifonov, with modifications [9]):

1 – Quaternary sediments; 2 – Kuperlisay formation; 3 – Tegermentinskaya formation; 4 – Paleogene dolerite dikes; 5 – dikes and sills of monzodiorites, syenite porphyry; 6 – gold ore bodies; 7 – fields of quartz-tourmaline metasomatites; 8 – crumple zones

процессам, которые проявлены и в отдельности друг от друга, и в сложном сочетании между собой.

Дорудные метасоматиты представлены в основном калишпатизированными породами, развитыми по гнейсам и мигматитам. Кроме главного минерала – ортоклаза, развиты биотит, альбит и кварц. Полевошпатовые метасоматиты образуют корневую часть вертикальной зональности и не несут рудной нагрузки.

Рудные метасоматиты представлены лиственитами, березитами и КТМ.

Листвениты развиваются по амфиболитам и кварц-карбонатно-магнезиальным породам

спорного генезиса и представляют собой мелко-, среднезернистые породы серого, серовато-зеленоватого, светло-зеленоватого цветов. Листвениты образуют линзовидные, жиллообразные тела, часто слагают тектонически обособленные вытянутые блоки мощностью от 1 до 40 м и протяжённостью до 250 м. Состав лиственитов в основном кварц-карбонатный, появляется фуксит, развивающийся за счёт реликтов темноцветных минералов вмещающих пород. Из рудных минералов в метасоматитах присутствуют пирит, халькопирит, редко – блёклые руды, галенит, арсенопирит, хромит, магнетит.



Березиты развиваются как по гнейсам, сланцам, мигматитам, так и по интрузивным породам – сиенит-порфирам, монцодиоритам и др. Породы зеленовато-бледные, бежевые, желтовато-буроватые. Структура мелко-, тонкозернистая, текстура во внутренних зонах массивная, во внешних – сланцеватая или массивная в зависимости от текстур замещающих пород. Тела березитов, развитых по метаморфическим породам, имеют линзовидное строение, контролируются тектоническими зонами и тяготеют к контакту или верхним частям штоков и даек монцодиоритов. При развитии березитов по монцодиоритам, сиенит-порфирам они повторяют форму штоков и даек. Помимо пирита, в березитах встречаются халькопирит, миллерит, сфалерит, галенит, тетраэдрит.

Листвениты и березиты являются золотоносными метасоматитами с содержаниями Au от 0,1 до первых г/т.

Характерными метасоматитами являются КТМ. Они развиваются главным образом по сиенит-порфирам и монцодиоритам (см. рис. 2, e, f), редко выходят за их пределы, при этом накладываются или секут листвениты и березиты (см. рис. 2, a). Кварц-турмалиновые метасоматиты имеют тёмно-серую до чёрного окраску. При микрозернистом строении порода имеет как бы «сажистую» поверхность. Формирование этих метасоматитов начинается с процессов хлоритизации темноцветных минералов, серицитизации и окварцевания полевых шпатов. Турмалин появляется в средних зонах метасоматической колонки. Внутренние зоны сложены кварц-турмалиновым агрегатом, а ядерные части – турмалином.

В сравнении с березитами и лиственитами КТМ являются более контрастными образованиями и имеют гнездовый, прожилковый, ветвящийся, брекчиевый характер выделения. Прожилки, соединяясь между собой, образуют поля и зоны турмалинизации. Из рудных минералов в них присутствуют пирит и халькопирит. Содержание Au в среднем составляет 5–15 г/т. Кварц-турмалиновые метасоматиты с обильной сульфидной минерализацией являются главным промышленным типом для золотой руды.

Самые поздние гидротермальные образования представлены безрудными кварц-карбонатными жилами и прожилками с редкой вкрапленностью пирита.

В рудах месторождения содержание сульфидов достигает 12–15 %. Наиболее распространён пирит, это – главный минерал-концентратор золота. Гораздо в меньших количествах встречаются халькопирит, пирротин, арсенопирит, галенит, сфалерит, молибденит и другие рудные минералы.

Большая часть золота находится в пирите, меньшая – в халькопирите. В основном оно тонкодисперсное, пылевидное в сотые доли миллиметра, редко достигает размеров 0,1–1 мм.

Месторождение Мироновское. Входит в состав Карабулакского рудного поля, которое находится у северо-западной границы Актюз-Боординского рудного района (см. рис. 1). Оно расположено в северной эндо- и экзоконтактной зонах Мироновского штока, прорывающего толщу амфиболовых сланцев и амфиболитов куперлисайской свиты (рис. 5). С севера и запада по системам тектонических нарушений площадь месторождения ограничена гранодиоритами и диоритами позднерифейского курдайского комплекса, а с востока – породами киртабулгинской вулcano-плутонической ассоциации среднепалеозойского возраста.

Рудоносный Мироновский шток, в строении которого участвуют верхнеордовикские монцонитоиды карабулакского интрузивного комплекса, характеризуется зональным строением, обусловленным сменой от периферии к центру монцогаббро и монцонитов монцодиоритами и далее – граносиенитами и монцогранитами. К приконтактной области интрузива тяготеют многочисленные дайковые тела высококальциевых риолитов и флюидо-эксплозивных брекчий с калишпат-турмалиновым цементом, являющихся самыми близкими к оруденению по времени образования.

Мироновское месторождение относится к жильному мезотермальному гидротермальному типу. Его основные рудоконтролирующие элементы – протяжённые трещинные структуры субширотного, северо-восточного и субмеридионального простирания, среди которых

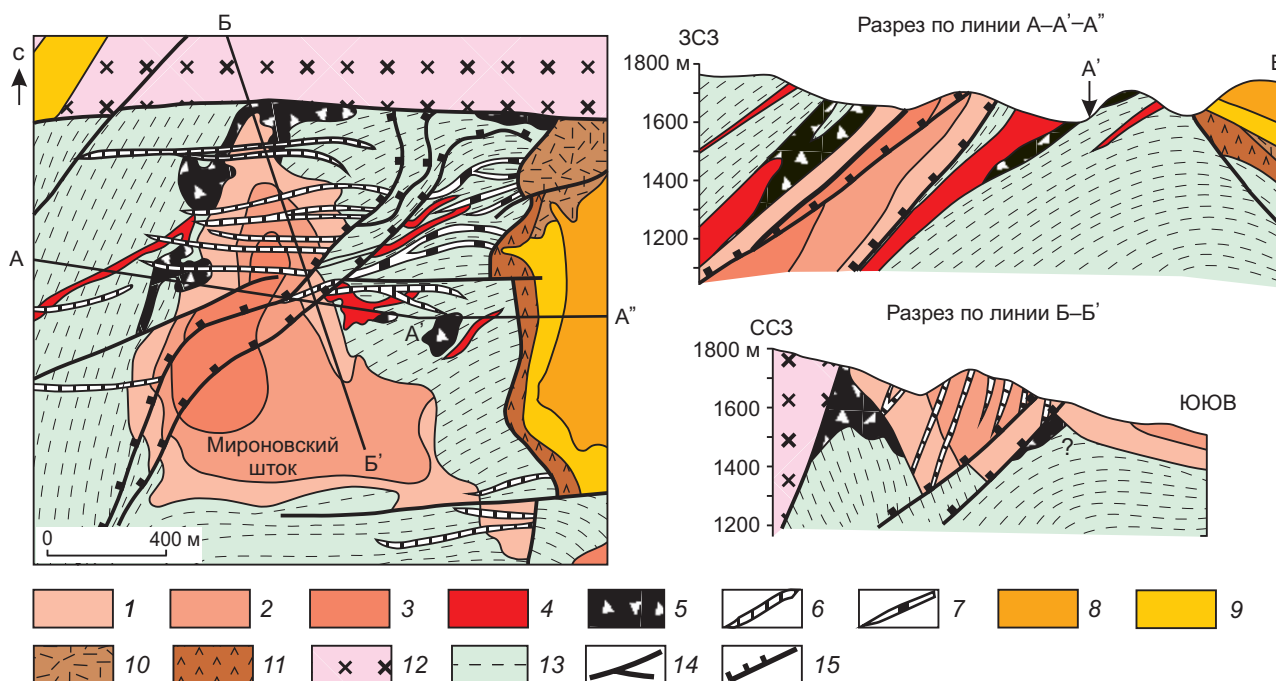


Рис. 5. Схематическая геологическая карта месторождения Мироновское (по В. В. Шатову [12] с изменениями): карабулакский интрузивный комплекс (O_3): 1 – монзониты, монцогаббро, 2 – кварцевые монцодиориты, 3 – монцограниты, 4 – дайки риолитов, 5 – флюидо-эксплозивные брекчии с турмалин-калишпатовым цементом; рудоносные жилы: 6 – пирит-магнетитовые и/или кварц-турмалиновые, 7 – сидерит-сульфидные; киртабулгинский вулcano-плутонический комплекс (D_{1-2}): 8 – граносиенит-порфиры, 9 – риолиты; бешекинский вулканический комплекс (D_1): 10 – риолиты, 11 – дациты, андезидациты; 12 – курдайский интрузивный комплекс (R_3): диориты, гранодиориты; 13 – куперлисайская свита (R_{1-2}): амфиболовые сланцы, амфиболиты; 14 – разломы; 15 – надвиги

Fig. 5. Schematic geological map of the Mironovskoye deposit (according to V. V. Shatov [12] with modifications):

Karabulak intrusive complex (O_3): 1 – monzonites, monzogabbro, 2 – quartz monzodiorites, 3 – monzogranites, 4 – rhyolite dikes, 5 – fluid-explosive breccias with tourmaline-K-feldspar cement; ore-bearing veins: 6 – pyrite-magnetite and/or quartz-tourmaline, 7 – siderite-sulfide; Kirtabulga volcano-plutonic complex (D_{1-2}): 8 – granosyenite porphyry, 9 – rhyolite; Besheki volcanic complex (D_1): 10 – rhyolites, 11 – dacites, andesidacites; 12 – Kurdai intrusive complex (R_3): diorites, granodiorites; 13 – Kuperlisay suite (R_{1-2}): amphibole shales, amphibolites; 14 – faults; 15 – thrusts

выделяются два основных морфологических типа. Первый тип представлен крутопадающими субширотными сколовыми трещинами, вмещающими наиболее раннее пирит-магнетитовое и кварц-турмалин-висмутиновое жильное оруденение. Ко второму типу относятся пологие надвиговые и взбросо-надвиговые тектонические нарушения северо-восточного простирания, разграничивающие площадь месторождения на три блока (Западный, Промежуточный и Восточный) и контролирующие

пространственное размещение наиболее поздних сидерит-висмут-полиметаллических рудных тел. На месторождении хорошо изучены десять рудных тел, представленных главным образом жилами и линзами. Зоны прожилково-вкрапленных руд имеют подчинённое значение. Размеры рудных тел обычно достигают по простиранию сотни метров, реже – первые километры при мощности от 1 до 5 м. Вертикальный размах оруденения составляет около 400–500 м.



Главные компоненты руд – висмут, медь, золото, второстепенное значение имеют свинец, цинк, серебро. В качестве примесей присутствуют W, Mo, U, Co, Ni, As и Sn. Основные рудные минералы представлены висмутином, сульфосолями висмута (главным образом айкинитом и козалинитом), галенитом, халькопиритом, арсенопиритом, пиритом, магнетитом, вольфрамитом, а нерудные – кварцем, турмалином, хлоритом, серицитом, калиевым полевым шпатом, сидеритом. Значительно реже из рудных отмечаются сфалерит, молибденит, уранинит, настуран, шеелит, кобальтин, лёллингит, линнеит, гематит, блёклые руды, касситерит и самородное золото; из нерудных – флюорит и биотит.

Рудоносные структуры Мироновского месторождения контролируются обширным ореолом березитизированных пород размером $0,8 \times 2,5$ км. Этот ореол охватывает всю северную и центральную части Мироновского штока, дайковые тела риолитов и флюидо-эксплозивных брекчий в его приконтактных частях, а также широкую полосу амфиболовых сланцев в северо-восточном экзоконтакте Мироновского массива. С востока и юга среди амфиболовых сланцев куперлисайской свиты и калишпатизированных монзонитоидов Мироновского штока к березитовому ореолу подступает обширное зонально построенное поле пропилитов. На современном уровне эрозионного среза зона ранней объёмно проявленной калишпатизации совмещена с локальными участками калишпат-хлорит-турмалиновых и хлорит-турмалиновых парагенезисов и с наложенными на них более поздними обширными ореолами березитовых ассоциаций.

По данным различных авторов (В. П. Овчинников и др., 1973), [4] и др. процессы минералообразования на месторождении отчётливо разделяются на два рудных этапа: ранний и поздний.

Для *раннего этапа*, включающего кварц-пирит-магнетитовую (320–400 °С), кварц-турмалиновую и кварц-колчеданную (250–330 °С) стадии, характерно возникновение кварц-калишпатовых, кварц-калишпат-турмалиновых и кварц-хлорит-турмалиновых окolorудных метасоматитов, образующих вдоль рудных тел

маломощные симметрично построенные ореолы (рис. 6).

Началу *позднего этапа*, объединяющего сидерит-сульфидную (180–260 °С) и хлорит-настурановую (160–240 °С) стадии, предшествовали процессы коренной перестройки трещинной структуры месторождения, выразившиеся в заложении пологих надвиговых нарушений северо-восточного простирания, смещавших в плане и по вертикали субширотные жильные тела предыдущего этапа. Надвиговые структуры обычно контролируют пространственное размещение жильных комплексов с сидерит-висмут-полиметаллической минерализацией и сопровождающих их ореолов березитизированных пород. Возникающие при этом зоны окolorудных кварц-мусковит-хлорит-карбонат-серицитовых метасоматитов – березитов – накладываются не только на кварц-калишпат-турмалиновые и кварц-хлорит-турмалиновые окolorудные метасоматиты, но и на минеральные агрегаты их жильного выполнения. Процесс минералообразования на месторождении завершается формированием кварц-флюоритовых пострудных прожилков.

В пространственном размещении рудных минеральных ассоциаций обнаруживаются элементы латеральной и вертикальной зональности. Наиболее ранние и высокотемпературные пирит-магнетитовые жилы с уран-молибден-вольфрамовой минерализацией и сопровождающие их кварц-калишпат-турмалиновые метасоматиты получили максимальное распространение на западном фланге месторождения. Высоко-среднетемпературная золото-медно-висмутовая минерализация с кобальтом и мышьяком в кварц-турмалиновых жилах и хлорит-турмалиновых метасоматитах также широко проявлена на западном фланге месторождения, но имеет значительно больший размах развития. Отмеченные минеральные новообразования в восточном направлении сменяются продуктами наиболее позднего средне-низкотемпературного березитового этапа, выраженного сидерит-висмут-полиметаллическим оруденением (см. рис. 6) и сопровождающими его ореолами березитизированных пород.

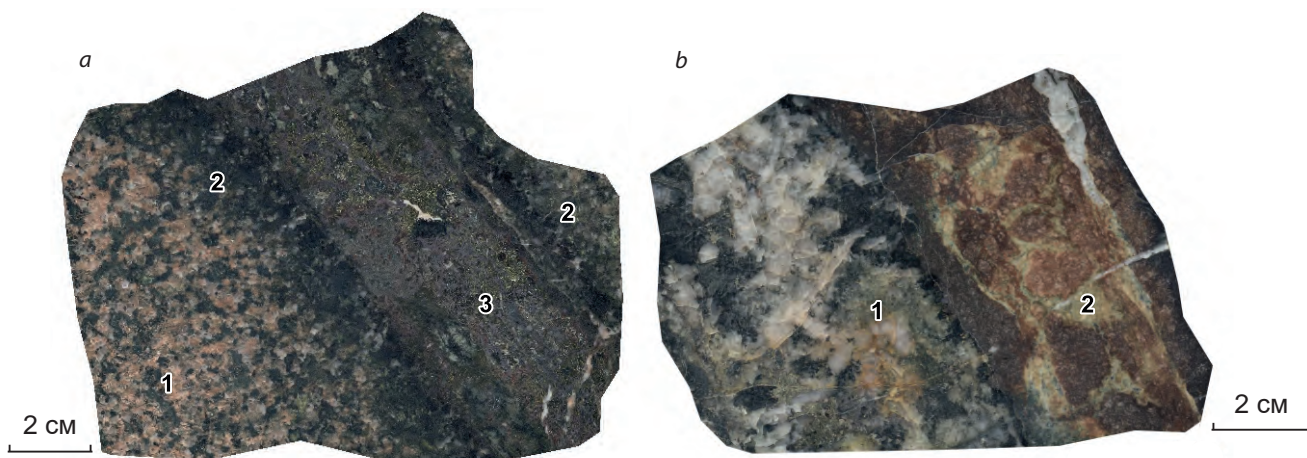


Рис. 6. Характер проявления жильной рудной минерализации на Мироновском месторождении:

a – калишпатизированный монцодиорит (1) сечётся малоэнергичной жилой кварц-магнетит-турмалин-сульфидного состава (3), вдоль которого симметрично с обеих сторон получили развитие узкие оторочки кварц-турмалин-хлоритовых околорудных метасоматитов (2); *b* – рудный агрегат, сложенный двумя разновозрастными минеральными парагенезисами: ранним – кварц-турмалин-сульфидным (1) и более поздним – сидерит-сульфидным (2), с которым связан основной объём висмутовой и золото-медной рудной минерализации на месторождении

Fig. 6. The nature of the manifestation of vein ore mineralization at the Mironovskoye deposit:

a – K-feldspathized monzodiorite (1) is cut by a thin vein of quartz-magnetite-tourmaline-sulfide composition (3), along which narrow rims of quartz-tourmaline-chlorite wall-ore metasomatic rocks have developed symmetrically on both sides (2); *b* – ore aggregate, composed of two mineral parageneses of different ages: early – quartz-tourmaline-sulfide (1) and later – siderite-sulfide (2), which is associated with the main volume of bismuth and gold-copper ore mineralization at the deposit

Заключение. В Актюз-Боординском рудном районе кварц-турмалиновые метасоматиты являются типоморфными на многих золото-рудных месторождениях. Они располагаются как в самих интрузиях, так и на некотором удалении от них в метаморфических толщах.

Золотоносные КТМ входят в последовательный ряд с другими метасоматитами и по отношению к калишпатитам, березитам и лиственитам являются чаще всего более поздними, накладываются на них или секут их в виде отдельных зон и прожилков, выполняют цемент брекчий, в обломках которых встречаются березиты, листвениты, калишпатизированные сиенит-порфиры и другие метасоматиты. В некоторых случаях (месторождение Мироновское) на КТМ могут накладываться березиты, но более поздних этапов образования.

В распределении КТМ большую роль играют зоны трещиноватости. Кварц-турмалиновые метасоматиты золотоносны и наряду с

другими метасоматитами образуют промышленные руды. На одних месторождениях они могут быть главными типами руд, на других – второстепенными. Кварц-турмалиновые метасоматиты – поисковый признак на золото в Актюз-Боординском рудном районе и поисковый критерий в других районах. Основные рудные минералы в них – пирит, халькопирит, реже минералы висмута, серебра, кобальта, полиметаллов. Золото связано как с сульфидной минерализацией, так и с кварцем.

На золоторудных месторождениях Актюз-Боординского рудного района КТМ образуют обширные поля и контрастные зоны. Для формирования такого количества турмалина КТМ необходим большой привнос бора, источником которого могут быть вмещающие породы, в частности куперлисайской свиты (по мнению В. В. Шатова), и интрузивные образования. Вопрос источника бора пока остаётся открытым и требует специализированных исследований.



Список литературы

1. Геологическая карта Кыргызской Республики м-ба 1 : 500 000. – 2008.
2. Дженчураева А. В., Захаров И. Л., Жуков Ю. В. [и др.]. Стратифицированные образования Кыргызстана. – Бишкек : КРСУ, 2015. – 318 с.
3. Дженчураева Р. Д., Пак Н. Т., Никоноров В. В., Ивлева Е. А. Золоторудные месторождения Кыргызстана. – Бишкек, 2020. – 494 с.
4. Минцер Е. Ф., Нечелюстов Г. Н., Манучарянц В. О. [и др.]. Висмутовое оруденение месторождения Мироновское // Геология рудных месторождений. – 1976. – № 4. – С. 30–41.
5. Омеляненко Б. И. Околорудные гидротермальные изменения пород. – М. : Недра, 1978. – 215 с.
6. Пак Н. Т. Золотоносная кварц-хлорит-турмалиновая метасоматическая формация в Тянь-Шане // Узбекистон олтин конлари: геологиясы ва sanoat турлари. – Ташкент, 1998. – С. 55–57.
7. Пак Н. Т., Ивлева Е. А. Модель формирования золоторудного месторождения Талды-Булак Левобережный в Северном Тянь-Шане // Геология и охрана недр. – Алматы. – 2015. – № 3 (56). – С. 10–20.
8. Рафаилович М. С. Золотоносные метасоматические формации Казахстана и соседних регионов Центральной Азии. IV. Кварц-турмалиновая формация // Геология и охрана недр. – 2014. – № 1. – С. 4–18.
9. Трифонов Б. А. Рудные месторождения Кыргызстана, контролируемые структурами надвиговой тектоники // Региональная геология и металлогения. – 2022. – № 90. – С. 91–106.
10. Djenchuraeva R. D., Borisov F. I., Pak N. T., Malyukova N. N. Metallogeny and geodynamics of the Aktiuz-Boordu Mining District, Northern Tien-Shan, Kyrgyzstan // Journal of Asian Earth Science, Special Issue Geodynamics and Metallogeny of Altaid Orogen. – 2008. – V. 32, № 2–4. – P. 280–299.
11. Kröner A., Alexeiev D., Hegner E., Rojas-Agramonte Y., Corcini M., Chao Y., Wong J., Windley B., Lio D., Tretyakov A. Zircon and muscovite ages, geochemistry, and Nd-Hf isotopes for the Aktyuz metamorphic terrane: Evidence for an Early Ordovician collisional belt in the northern Tianshan of Kyrgyzstan // Gondwana Research. – 2012. – № 21. – P. 901–927.
12. Shatov V. V., Seltman R., Rafailovich M. Mironovskoe copper-bismuth-gold deposit // Paleozoic geodynamics and intrusion-related Au deposits in the Alhaid. Guide-book. – London, 2001. – P. 129–132.
13. Zhao X., Xue C., Chi C. [et al.]. Multi-stage gold mineralization in the Taldybulak Levoberezhny deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan // Ore Geology Reviews. – 2017. – V. 82. – P. 217–231.

References

1. Geologicheskaya karta Kyrgyzskoi Respubliki m-ba 1 : 500 000 [Geological map of the Kyrgyz Republic scale 1 : 500 000], 2008.
2. Dzhenchuraeva A. V., Zakharov I. L., Zhukov Yu. V. [et al.]. Stratifitsirovannyye obrazovaniya Kyrgyzstana [Stratified formations of Kyrgyzstan], Bishkek, KRSU Publ., 2015, 318 p.
3. Dzhenchuraeva R. D., Pak N. T., Nikonorov V. V., Ivleva E. A. Zolotorudnye mestorozhdeniya Kyrgyzstana [Gold deposits of Kyrgyzstan], Bishkek, 2020, 494 p.
4. Mintser E. F., Nchelyustov G. N., Manucharants V. O. [et al.]. Vismutovoe orudnenie mestorozhdeniya Mironovskoe [Bismuth mineralization of the Mironovskoye deposit], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 1976, No 4, pp. 30–41. (In Russ.).
5. Omel'yanenko B. I. Okolorudnye gidrotermal'nye izmeneniya porod [Near-ore hydrothermal changes of rocks], Moscow, Nedra Publ., 1978, 215 p.
6. Pak N. T. Zolotonosnaya kvarts-khlorit-turmalinovaya metasomaticheskaya formatsiya v Tyan'-Shane [Gold-bearing quartz-chlorite-tourmaline metasomatic formation in Tien Shan], *Uzbekiston oltin konlari: geologiyasy va sanoat turlari* [Gold deposits of Uzbekistan: geological and industrial types], Tashkent, 1998, pp. 55–57. (In Russ.).
7. Pak N. T., Ivleva E. A. Model' formirovaniya zolotorudnogo mestorozhdeniya Taldy-Bulak Levoberezhnyi v Severnom Tyan'-Shane [A model of the formation of the Taldy-Bulak Levoberezhny gold deposit in the Northern Tien Shan], *Geologiya i okhrana nedr* [Geology and protection of mineral resources], Almaty, 2015, No 3 (56), pp. 10–20. (In Russ.).
8. Rafailovich M. S. Zolotonosnye metasomaticheskie formatsii Kazakhstana i sosednikh regionov Tsentral'noi Azii. IV. Kvarts-turmalinovaya formatsiya [Gold-bearing metasomatic formations of Kazakhstan and neighboring regions of Central Asia].



- IV. Quartz-tourmaline formation], *Geologiya i okhrana nedr* [Geology and protection of mineral resources], 2014, No 1, pp. 4–18. (In Russ.).
9. Trifonov B. A. Rudnye mestorozhdeniya Kyrgyzstana, kontroliruemye strukturami nadvigovoi tektoniki [Ore deposits of Kyrgyzstan controlled by thrust tectonics structures], *Regional'naya geologiya i metallogeniya* [Regional Geology and Metallogeny], 2022, No 90, pp. 91–106. (In Russ.).
10. Djenchuraeva R. D., Borisov F. I., Pak N. T., Malyukova N. N. Metallogeny and geodynamics of the Aktiuz-Boordu Mining District, Northern Tien-Shan, Kyrgyzstan, *Journal of Asian Earth Science*, Special Issue Geodynamics and Metallogeny of Altaid Orogen, 2008, V. 32, No 2–4, pp. 280–299. (In Russ.).
11. Kröner A., Alexeiev D., Hegner E., Rojas-Agramonte Y., Corcini M., Chao Y., Wong J., Windley B., Lio D., Tretyakov A. Zircon and muscovite ages, geochemistry, and Nd-Hf isotopes for the Aktyuz metamorphic terrane: Evidence for an Early Ordovician collisional belt in the northern Tianshan of Kyrgyzstan, *Gondwana Research*, 2012, No 21, pp. 901–927.
12. Shatov V. V., Seltman R., Rafailovich M. Mironovskoe copper-bismuth-gold deposit, Paleozoic geodynamics and intrusion-related Au deposits in the Alhaid. Guide-book, London, 2001, pp. 129–132.
13. Zhao X., Xue C., Chi C. [et al.]. Multi-stage gold mineralization in the Taldybulak Levoberezhny deposit, Tien Shan, Kyrgyzstan, *Ore Geology Reviews*, 2017, V. 82, pp. 217–231.

Пак Николай Тимофеевич (paknikolay50@mail.ru)

кандидат геол.-минерал. наук, зав. лабораторией металлогении и рудообразования¹

Ивлева Елена Александровна

старший научный сотрудник¹

Шатов Виталий Витальевич

кандидат геол.-минерал. наук, директор Центра прогнозно-металлогенических исследований²

Шатова Надежда Витальевна

кандидат геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник²

Гончаренко Анна Александровна

аспирант¹

¹ Институт геологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ), г. Санкт-Петербург, Россия

НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ



(4.03.1905–8.04.1981)

Академик Герасим Васильевич Богомолов – первооткрыватель

Среди достижений академика Г. В. Богомолова как учёного, государственного и общественного деятеля, профессора высшей школы, эксперта ООН визитной карточкой является открытие им месторождений полезных ископаемых.

Нынешний 2023 год для учёного юбилейный. В этом году исполнилось 65 лет со дня основания г. Солигорска в Белоруссии, на месте которого Герасимом Васильевичем было открыто месторождение калийных солей (Сталинская премия, 1952), а также отмечается 95-летие открытия им подземной минеральной воды «Минская-4» в парке им. М. Горького в Минске.

Надо сказать, что именно в этой скважине, вскрывшей минеральную воду, 23-трёхлетним Герасимом были проведены первые в СССР, а возможно и в мировой практике, опытно-фильтрационные работы для определения производительности водоносного горизонта и гидрогеологических параметров.

Г. В. Богомолов – первооткрыватель нефтяных залежей в Белоруссии (Государственная премия, 1972), Индии, подземных вод в Северной Сахаре. Он опубликовал более 300 научных и прикладных работ, в том числе на основных языках ООН, его книга «40 дней в Северной Африке» стала бестселлером. Он внёс неоценимый вклад в изучение инженерно-геологических свойств грунтов при строительстве крупных инженерных сооружений (Днепрогэс, Волго-Донской канал, Московское и Минское метро и др.), является автором метода химического закрепления грунтов (Сталинская премия, 1947).

Профессор избирался почётным президентом Международной ассоциации гидрологических наук (1979); он – первый в СССР и единственный до сих пор на постсоветском пространстве стипендиат ЮНЕСКО. Г. В. Богомолов – первый заведующий кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии МГУ им. М. В. Ломоносова (1941), его учебник «Гидрогеология с основами инженерной геологии» выдержал три издания в СССР, переведён на арабский, венгерский, вьетнамский, китайский, немецкий, польский, сербо-хорватский языки. Академик Г. В. Богомолов подготовил десятки докторов и кандидатов наук.

Герасим Васильевич – основатель и первый директор Всесоюзного НИИ гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО, 1939), первого подобного НИИ в мире, аналоги которого были созданы в 50–60-х годах XX века в странах Восточной Европы и Китае. Как заместитель министра геологии СССР он курировал поиск, разведку и освоение нефтегазовых месторождений, подземных вод от Молдавии до Камчатки.

О Г. В. Богомолове опубликованы статьи на основных языках ООН, а также на азербайджанском, белорусском, грузинском, казахском, литовском, узбекском и украинском. Его именем названа одна из центральных улиц в г. Солигорске (Белоруссия). Свои тёплые воспоминания о русском первооткрывателе оставили выдающиеся гидрогеологи США, Франции и Китая (Дэвид Д. Тодд, Генри Шоллер, Шень Джао Ли).

Столетний юбилей академика Г. В. Богомолова был широко отмечен в 2005 году в России (Московская область, ВСЕГИНГЕО), Белоруссии (Минск, НАН Беларуси; Солигорск, ПО «Бе-



ларуськалий») под патронажем президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко, а также председателя правительства Российской Федерации и заместителя генерального директора ЮНЕСКО проведением Международной научной конференции «Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии».

Отметим в заключение обострённое чувство гражданственности академика. Очень точно об этом написали полномочный представитель президента Республики Беларусь в Российской Федерации, заместитель премьер-министра Республики Беларусь В. Б. Долголев и вице-президент Российской академии наук Н. П. Лавёров в статье «Учёный и гражданин – лауреат Государственных премий СССР и БССР», приуроченной к 100-летию со дня рождения учёного. Вот выдержка из этой статьи: «Открытие им ряда месторождений полезных ископаемых в Западном регионе СССР оценивается теперь не только как теоретические разработки крупного учёного, но и как его политическое видение уязвимости этих регионов СССР в случае очередной агрессии с Запада».

Последние слова, написанные как будто сегодня, высвечивают редкое качество личности, которое было присуще полковнику и первому гидрогеологу инженерных войск в период Великой Отечественной войны, первооткрывателю Г. В. Богомолу (1905–1981).

кандидат геол.-минерал. наук,
доктор техн. наук, профессор
Д. А. Манукьян

первооткрыватель месторождения,
почётный разведчик недр Мингео СССР,
кандидат геол.-минерал. наук
В. А. Манукьян