

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

№ 1 / 2024

Основан в марте 1933 года

Журнал выходит шесть раз в год

УЧРЕДИТЕЛИ



Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации



Российское геологическое общество



Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:
А.И.Иванов

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

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

Содержание

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Фаррахов Е. Г., Костюченко С. Л., Милетенко Н. В.
Состояние и задачи подготовки специалистов среднего звена для геологического изучения недр 3

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Яблокова С. В., Позднякова Н. Н., Шатилова Л. В.
Изучение самородного золота при геологоразведочных работах. Методические рекомендации..... 20

Михеева Е. Д., Кузьменко П. С., Ключарев Д. С.
Геолого-генетическая модель, поисковые критерии и признаки месторождений литиеносного гидроминерального сырья 33

ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

Позднякова Н. Н., Зубова Т. П.
Типоморфизм самородного золота как критерий определения типа золоторудной минерализации в корях выветривания Еравнинского рудного района (Республика Бурятия) 43

СООБЩЕНИЯ

Белозеров Н. И., Дугин С. В., Гиренко И. В.
Редкие элементы в каменных углях Огоджинского месторождения (Верхнее Приамурье, Дальний Восток России) 53

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

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

Свидетельство о регистрации в средствах массовой информации
№ 01217 от 03 июня 1992 г.

Подписано в печать 18.03.2024

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

Сайт: http://tsnigri.ru/o_geology

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

Типография ФГБУ «ЦНИГРИ»

Состояние и задачи подготовки специалистов среднего звена для геологического изучения недр

Посвящается 80-летию создания Центральной аэрогеологической экспедиции Комитета по делам геологии при Совнаркоме СССР (1944–1949 гг.) – Всесоюзного аэрогеологического треста (ВАГТ) Мингео СССР (1949–1972 гг.) – Всесоюзного аэрогеологического НПО «Аэрогеология» (1972–1980 гг.) – ПГО «Аэрогеология» (1980–1991 гг.) – ФГУНПП/ОАО «Аэрогеология» (1991–2020 гг.)

Проанализированы данные востребованности в специалистах среднего звена для геологического изучения территории России и состояние их подготовки по программам среднего специального образования. Предложены пути изменения тренда снижения интереса к геологическим специальностям и стабилизации численности работающих специалистов в геологической отрасли.

Ключевые слова: геологическая отрасль, подготовка специалистов.

ФАРРАХОВ ЕВГЕНИЙ ГАТОВИЧ¹, кандидат технических наук, geo@rosgeo.org

КОСТЮЧЕНКО СЕРГЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ¹, доктор геолого-минералогических наук, kostgeo@mail.ru

МИЛЕТЕНКО НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ², доктор геолого-минералогических наук, miletenko@mnr.gov.ru

¹ Российское геологическое общество, г. Москва

² ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского», г. Санкт-Петербург

The state and tasks of education of the middle-level specialists for geological survey

E. G. FARRAKHOV¹, S. L. KOSTYUCHENKO¹, N. V. MILETENKO²

¹ Russian Geological Society, Moscow

² Karpinsky Russian Geological Institute, St. Petersburg

Dedicated to the 80th anniversary of the Central Aerogeological Expedition of the Committee for Geological Affairs under the Council of People's Commissars of the USSR (1944–1949) – the All-Union Aerogeological Trust (VAGT) of the Ministry of Geology of the USSR (1949–1972) – All-Union aerogeological RPA "Aerogeologiya" (1972–1980) – PGA "Aerogeologiya" (1980–1991) – FSUR&PE/JSC "Aerogeologiya" (1991–2020)

Data are analyzed on the demand for mid-level specialists for geological study of the territory of Russia and on the state of their training in accordance with programs of the secondary specialized education. Ways to change the trend for declining the interest in geological specialties and to stabilize the number of specialists working in the geological industry have been proposed.

Key words: geological survey, education of specialists.

Вместо введения. Широко известный в геологических кругах ГБПОУ МО «Геологоразведочный техникум им. Л. И. Ровнина», базирующийся в посёлке Решетниково Клинского района, на основании Распоряжения Правительства Российской Федерации от 29.12.2011 г. № 2413-р «О передаче в ведение субъектов Российской Федерации федеральных государственных образовательных учреждений среднего профессионального

образования», постановления Правительства Московской области от 04.04.2012 г. № 427/12 «О принятии в собственность Московской области федеральных государственных образовательных учреждений среднего профессионального образования» и распоряжения Правительства Московской области от 30.11.2020 г. № 890-РП «О реорганизации государственных профессиональных образовательных организаций Московской области»

был передан в собственность Московской области, переименован и присоединён к ГБПОУ МО «Колледж “Подмосковье”». Ещё в 2014 г. в техникуме ежегодно по геологическим и связанным с ними программам обучалось около трёхсот учащихся. В 2017 г. количество специальностей сократилось до двух («Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» и «Прикладная геодезия»). На 01.01.2023 г. списочный состав обучающихся на всех курсах техникума по геологическому направлению на очной форме обучения составил 97 человек, а приём в очередном финансовом году – 0 человек [13, 32].

Следует уточнить, что эта история относится к одному из старейших в стране «геологоразведочных техникумов», созданному в 1930 г. и выпустившему на 2015 г. более пятнадцати тысяч [31] квалифицированных специалистов среднего звена. Дополнительно нельзя не вспомнить, что в последние годы до реорганизации техникум носил имя Льва Ивановича Ровнина – выдающегося геолога-нефтяника и государственного деятеля, Героя Социалистического Труда, участника открытий и разведки ста пятидесяти месторождений нефти и газа в Тюменской области, кавалера ордена Ленина (1964), Трудового Красного Знамени (1976), Ордена Почета (2001), Министра геологии РСФСР (1970–1987), первого председателя инициированной и созданной под его руководством организации «Ветеран-геологоразведчик», в состав которой входили 56 региональных отделений, объединявших свыше сорока тысяч пенсионеров-геологоразведчиков России, Заслуженного геолога РСФСР [35].

Само по себе данное событие, уже не вызывающее на фоне происходящих реорганизаций и реформ оптимистических эмоций в геологической профессиональной среде, могло бы «быть принято к сведению». Но оно напрямую корреспондируется со всё настойчивей и громче звучащей проблемой «кадрового голода» в геологическом секторе производства. Ведь именно кадры, их квалификация и отношение к делу призваны обеспечить достижение целей «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 г.», утверждённой Распоряжением правительства РФ от 22.12.2018 г. № 2914-р., и решение задач, сформулированных в Государственной программе «Воспроизводство и использование природных ресурсов», утверждённой Постановлением Правительства РФ

от 15.04.2014 г. № 322 (с изменениями и дополнениями на 18.12.2021 г.).

Востребованность в специалистах среднего звена. Необходимость стабилизации численности работающих специалистов в геологической отрасли на оптимальном уровне прописана в «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 г.». Дефицит профессиональных кадров для изучения недр и разработки месторождений твердых полезных ископаемых и разбалансированность в функционировании системы «образование – наука – производство» были широко анонсированы и обсуждались на 18-м горно-геологическом форуме «МАЙНЕКС 2022» в октябре 2022 г. [1]. Эта тема стала стартовой в докладе А. И. Черных с соавторами на Научно-практической конференции «Актуальные проблемы поисковой геологии» в ноябре 2022 г. в ФГБУ «ВИМС» [22]. Она также поднимается представителем Высшего горного совета РФ и Ассоциации «Горнопромышленники России» в ДФО, заместителем директора по развитию Дальневосточного геологического института ДВО РАН, председателем Совета по горно-геологическому образованию ДФО А. В. Беловым со ссылкой на исследования, проведённые Корпорацией развития Дальнего Востока и Арктики: «...уже к 2027 году дефицит рабочих специальностей в данном регионе в горном секторе составит более 22 тысяч сотрудников, а возможно и более 28 тысяч...» [11].

Ректор Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II профессор В. С. Литвиненко относит проблему дефицита квалифицированных работников в геологической отрасли к категории кардинальных. На совещании по вопросам реализации программы развития дальневосточных городов в г. Улан-Удэ 14.03.2023 г. профессор проинформировал Президента Российской Федерации В. В. Путина о дефиците до 80% инженеров на горнорудных предприятиях. При этом В. С. Литвиненко отметил: «...три ведущих университета, такие как Амурский, Дальневосточный и Хабаровский, с этого года прекратили вообще приём на горные специальности» [37].

По мнению ректора Уральского государственного горного университета А. В. Душина, выступившего на Уральском горнопромышленном форуме в Екатеринбурге 02.11.2023 г., в отечественном горнодобывающем секторе незакрытыми остаются около шестидесяти восьми тысяч вакансий. Из них больше половины предложений

рассчитаны на представителей рабочих профессий – выпускников колледжей и техникумов [17].

Востребованность и структуру соотношения количества специалистов с высшим и средним образованием для геологического изучения иллюстрируют данные по кадровому составу Всероссийского аэрогеологического треста (ВАГТ), занимавшего ведущее положение в геологоразведочной деятельности в СССР (табл. 1). В период наибольших объёмов геологоразведочных работ (1955–1985 гг.) количество работников со средним специальным образованием было в 3–3,5 раза меньше специалистов с высшим образованием, достигнув более чем пятикратного соотношения в 1985 г.

В современных условиях широкого использования компьютерных средств, сложных в эксплуатации прогрессивных аппаратурно-технических комплексов и оборудования это соотношение может составлять не менее 20%. При этом более половины мест для специалистов среднего звена остаются вакантными или занимаются практиками.

Состояние подготовки кадров со средним специальным образованием. Одно из важнейших мест в решении обсуждаемой проблемы занимает подготовка профессиональных рабочих, служащих и специалистов среднего звена в средних специальных учебных заведениях (ССУЗы) на базе программ среднего профессионального образования (СПО). Многообразие организационно-правовых форм участников геологоразведочной деятельности и пользователей недрами (хозяйствующих субъектов) существенно затрудняет проведение системного мониторинга востребованности кадров по конкретным специальностям и уровня их подготовки. В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 25.12.2023 г. с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024 г.) число обучающихся по образовательным программам СПО определяется на основе «контрольных цифр приёма» (КЦП) на обучение по профессиям, специальностям, направлениям подготовки и научным специальностям за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов. В «Перечне профессий и специальностей среднего профессионального образования...», утверждённом Приказом Министерства просвещения РФ от 17.05.2022 г. № 336 (ред. от 25.09.2023 г.), в укрупнённой группе под кодом 21.00.00 «При-

Таблица 1. Количество специалистов с высшим и средним образованием в ВАГТ – ПГО «Аэрогеология» за период 1949–1965 гг. По [4]

Год	Количество специалистов с высшим (ВО) и средним (СПО) образованием (чел.)		
	ВО	СПО	ВО/СПО (% от ВО)
1951	170	40	4,25 (23,5)
1953	157	214	0,73 (36,3)
1955	415	112	3,7 (27,0)
1970	631	211	3,0 (33,4)
1975	1027	305	3,4 (29,7)
1980	1144	354	3,2 (30,9)
1985	1150	210	5,5 (18,2)

кладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» присутствуют 12 наименований специальностей геологической направленности и тесно связанных с геологоразведочной деятельностью. Каждая из них отличается профилем работы, характером и условиями выполнения, востребованностью на рынке труда, ролью в социально-экономическом развитии территорий, рейтингом в общественном мнении и количеством лиц, заинтересованных в её получении.

В упоминавшемся выше ГБПОУ МО «Колледж “Подмосковье”» приём по геологической профессии по всем формам обучения, в том числе за счёт средств юридических и (или) физических лиц (на платной основе), на 2023/2024 учебный год отсутствует [32]. Этот факт отражает кардинальное уменьшение запроса на молодых специалистов со стороны органов исполнительной власти и нефтепользователей, осуществляющих свою деятельность в Московской области в сфере добычи большинства видов общераспространённых полезных ископаемых и подготовки участков под строительство. На основе общих сведений можно предположить, что отсутствие вакансий геологического профиля при разработке карьеров, бурении скважин на воду и в инженерных целях связано, с одной стороны, с применением современного высоко технологичного оборудования, а с другой – заполнением рабочих мест специалистами старшего возраста, включая пенсионеров, и трудовыми ресурсами, прибывающими из соседних областей и ближнего зарубежья.

Данные по приёму на бюджетные места в основных образовательных организациях европейской части России и Уральского ФО приведены

в табл. 2. Ведущий свою историю с 1930 г. Новочеркасский геологоразведочный техникум, подготовивший за время своего существования более двадцати пяти тысяч специалистов для геологоразведочной, нефтяной и газовой отрасли, а также 82 специалиста для зарубежных стран, 24.05.1991 г. был преобразован в колледж (ГБПОУ

РО «НГК») и передан в ведение Ростовской области на основании Распоряжения от 29.12.2011 г. № 2413-р. Нельзя не отметить, что среди выпускников техникума были ректор Санкт-Петербургского государственного горного института В. С. Литвиненко, ректор Ростовского государственного экономического университета «РИНХ» Н. Г. Кузнецов

Таблица 2. Контрольные цифры приёма на обучение по геологическим программам среднего профессионально образования за счёт средств бюджета по очной и заочной формам обучения на 2023/2024 учебный год в ссузах европейской части РФ и Уральского ФО. По данным с сайтов учреждений (дата обращения 20.01.2024)

№ п/п	Наименование учреждения	Количество бюджетных мест	Специальность (программа)							
			Открытие горные работы	Подземная разработка месторождений полезных ископаемых	Маркшейдерское дело	Обогащение полезных ископаемых	Ремонтник горного оборудования, электрослесарь, техобслуживание и др.	Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых	Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых	Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых
1	ГБПОУ РО «Новочеркасский геологоразведочный колледж»	50						25	25	
2	СОФ ФГБОУ ВО МГРИ	100			25			25	25	25
3	ФГАОУ ВО «Мурманский Арктический Университет»	35			15	20				
4	ГАПОУ МО «Оленегорский горнопромышленный колледж»	50				20	30			
5	ГАПОУ МО «Ковдорский политехнический колледж»	40	15			25				
6	ГАПОУ РК «Петрозаводский техникум городского хозяйства»	25	25							
7	ГАПОУ СО «Уральский государственный колледж им. И. И. Ползунова»	75		25	25		25			
8	ГАПОУ СО «Асбестовский политехникум»	115	25			20	70			
9	ГАПОУ СО «Исовский геологоразведочный техникум»	50			25					25
10	ГБПОУ «Миасский геологоразведочный колледж»	25							25	
11	ГБПОУ «Бакальский техникум им. М. Г. Ганиева»	55				15	40			
	ВСЕГО	620	65	25	90	100	165	50	75	50

и целый ряд руководителей крупнейших геологоразведочных компаний [24]. Организация осуществляет подготовку специалистов СПО как по очной, так и по заочной формам обучения по девяти образовательным программам, из которых пять – геологические. По направлению «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» и «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» КЦП за счёт бюджетных ассигнований областного бюджета на 2023/2024 учебный год [25] в два раза меньше, чем в 2021/2022 учебном году [23].

Старооскольский филиал (СОФ) ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» до 2012 г. находился в статусе одноимённого техникума и принял первый набор студентов в 1935 г. На 2023/2024 учебный год КЦП в количестве по 25 очных мест были предоставлены по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» на базе одиннадцати классов и по специальностям «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» и «Маркшейдерское дело» на базе девяти классов образования [16].

В соответствии с Приказом Министерства образования и науки Мурманской области [30] филиалу Мурманского арктического университета в г. Кировске (ФГАОУ ВО «МАУ») в 2023/2024 учебном году по программам СПО установлены КЦП на «Обогащение полезных ископаемых» и «Маркшейдерское дело» – в сумме 35 мест. Для среднего специального учебного заведения «Оленегорский горнопромышленный колледж» (ГАПОУ МО «ОГПК») общее количество бюджетных мест составляет 50, из которых 20 отводятся направлению «Обогащение полезных ископаемых». В ГАПОУ РК «Петрозаводский техникум городского хозяйства» (Республика Карелия) подготовка специалистов осуществляется только по направлению «Открытые горные работы» на двадцати пяти очных бюджетных местах [7].

В Свердловской области Уральского ФО «Уральский государственный колледж им. И.И. Ползунова» (ГАПОУ СО УГК им. И.И. Ползунова, г. Екатеринбург), ведущий своё начало с 1847 г. от Уральского горного училища и долгое время обеспечивавший горнозаводскую промышленность региона квалифицированными техническими кадрами, в со-

ответствии с перечнем о реализуемых образовательных программах на 26.12.2023 г. осуществляет обучение по тридцати одной специальности. Из них только «Маркшейдерское дело» и «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» имеют отношение к геологической деятельности. На каждую из них зачислено на обучение по 25 человек [12]. По ФП «Профессионалитет» в 2024/2025 учебном году планируемый набор по каждой из специальностей составляет 25 мест [26]. В ГАПОУ СО «Асбестовский политехникум» в Перечне специальностей (профессий), по которым объявлен приём в 2023/2024 учебном году, среди 14 наименований находятся три геологические: «Открытые горные работы» (25 мест), «Ремонтник горного оборудования» (25 мест) и «Обогащение полезных ископаемых» (20 мест по заочной форме обучения) [27].

Ведущий свою историю с 1932 г. ГАПОУ СО «Исовский геологоразведочный техникум» (ИГРТ, г. Нижняя Тура) на 2023/2024 учебный год утвердил план приёма по специальности «Маркшейдерское дело» и «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» по 25 очных бюджетных мест на базе девяти классов [28].

В ГБПОУ «Миасский геологоразведочный колледж» (Челябинская область) КЦП на 2023/2024 учебный год за счёт бюджетных ассигнований включают 12 наименований специальностей. Несмотря на профильно-ориентированное название учреждения, к геологическому направлению из них относятся «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» и «Гидрогеология и инженерная геология». По каждому предоставляются 25 очных бюджетных мест на базе девяти классов [19]. Функционирующему в этой же области ГБПОУ «Бакальский техникум профессиональных технологий и сервиса им. М.Г. Ганиева» приказом Министра образования и науки Челябинской области от 30.03.2023 г. установлены КЦП на 2023/2024 учебный год по специальности «Обогащение полезных ископаемых» в количестве 15 мест [29].

Данные по восемнадцати средним специальным учебным заведениям Сибирского ФО и тринадцати в Дальневосточном ФО представлены в табл. 3. Несмотря на то, что в этих регионах сосредоточены основные минерально-сырьевые ресурсы страны, нуждающиеся в изучении, и функционирует наибольшее число недропользователей,

только Сибирский геофизический колледж в г. Новосибирске (ГБПОУ НСО «СГФК»), образованный в результате реорганизации в 2015 г. Новосибирского геологоразведочного техникума [38], и «Факультет СПО Иркутского национального исследовательского технического университета» предоставляют обучение по таким базовым геологическим специальностям, как «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» и «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Количество ежегодных бюджетных мест по каждой из них составляет 25 человек. Обучение по геологической съёмке, поискам и разведке месторождений полезных ископаемых сохранилось в Колледже Бурятского государственного университета имени Доржи Банзарова (15 мест) и в Байкальском колледже недропользования (25 мест), в Магаданском политехническом техникуме (50 мест), на Факультете среднего профессионального образования Амурского государственного университета (20 мест), в Забайкальском горном колледже имени М.И. Агошкова и в Хабаровском техническом колледже (по 25 мест в каждом). По геофизическому направлению в 2023 г. 25 бюджетных мест предоставляет Томский политехнический техникум. По специальности «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» обучение также проводится в Благовещенском политехническом колледже.

Статистика по всем приведённым выше КЦП и предоставлению/планам бюджетных мест на обучение со всей очевидностью показывает, что к наиболее популярным в средних специальных учебных заведениях направлениям/специальностям (без данных по нефтегазовой отрасли) относятся «Открытые горные работы», «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Маркшейдерское дело» и «Обогащение полезных ископаемых» (рисунки 1 и 2). Все они ориентированы на подготовку специалистов и квалифицированных рабочих, в той или иной степени востребованных недропользователями для добычных работ. С этой группой горно-добычных специальностей тесно связаны «сопутствующие» направления: «Ремонтник горного оборудования, электрослесарь, техобслуживание и др.». В совокупности на них приходится 86% от общего перечня рассматриваемых профессий.

На группу специальностей, включающую «Геологическую съёмку, поиски и разведку месторождений полезных ископаемых», «Технологию и технику разведки месторождений полезных ископаемых» и «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», приходится всего 14%. При этом основную роль в подготовке по геолого-съёмочному направлению обеспечивают средние специальные учебные заведения Дальневосточного ФО и сохранившие свои «бренды» Новочеркасский, Старооскольский, Новосибирский геологоразведочные техникумы и факультет СПО Иркутского национального исследовательского технического университета.

Пути повышения кадрового обеспечения. Первой и основной проблемой откровенно слабого спроса на геологические специальности по программам СПО является существенное падение их престижа среди молодёжи и их родителей. В общей форме эту ситуацию охарактеризовал ректор ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина» В.Г. Мартынов: «Студентов факультета разработки нет проблем устроить, с механиками всё хорошо, айтишников с руками отрывают, а кому нужны геологи?» [1]. В интервью НТВ от 15.12.2022 г. он уточнил: «В меньшей степени требуются сейчас геологи, потому что запасов у нас много, и, условно говоря, геологоразведка сейчас не настолько активная» [34].

Одно из важнейших мест в профессиональной ориентации молодёжи в системе «школа – профессиональное образование – производство» занимает детско-юношеское геологическое движение (ДЮГД). Геологические кружки, организованные при школах, в Дворцах пионеров и учреждениях высшего образования (первый был создан при Саратовском областном музее краеведения в конце 1936 г.), в советское время успешно формировали контингент будущих геологических кадров. Наиболее увлечённым и активным участникам вручался специально введённый знак «Юный геолог СССР», который, по неполным данным в период с 1975 по 1990 гг., получили 8 тысяч юношей и девушек [10, 39].

ДЮГД сумело преодолеть период смены государственной экономики на рыночную, и с 1999 г. организацией и координацией его деятельности на федеральном уровне занимается Российское геологическое общество (ОО РОСГЕО). С 2004 г.

Таблица 3. Контрольные цифры приёма и предоставление бюджетных мест на обучение по программам среднего профессионального образования за счёт средств бюджета по очной и заочной формам обучения на 2023/2024 учебный год в Сибирском и Дальневосточном ФО. По [8, 9] и данным с сайтов учреждений (дата обращения 30.01.2024)

№ п/п	Наименование учреждения	Колличество бюджетных мест (всего)		Специальность (программа)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Дальневосточный федеральный округ													
1	ГБПОУ «Магаданский политехнический техникум»	140			25	65						50	
2	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет» (Факультет среднего профессионального образования)	20										20	
3	ГАПОУ «Алданский политехнический техникум»	115	45			25	45						
4	МОГАПОУ «Горный техникум»	67	19				48						
5	ПОЧУ «Камчатский кооперативный техникум»	10			10								
6	КГБ ПОУ «Приморский многопрофильный колледж»	25					25						
7	ГАПОУ «Забайкальский горный колледж им. М. И. Агошкова»	255	70	25	45	45	45					25	
8	КГБ ПОУ «Хабаровский технический колледж»	65	15		25							25	
9	ГБПОУ «Центр подготовки рабочих кадров «Арктика»»	12							12				
10	ГБПОУ «Суэманский профессиональный лицей»	57	20						37				
11	ГАПОУ «Региональный технический колледж в г. Мирном»	210				15	195						
12	ГАПОУ «Южно-Якутский технологический колледж»	365	25	75	25	60	180						
13	ГПОАУ «Благовещенский политехнический колледж»	140	25		40		25	25				25	
	ВСЕГО	1481	219	100	170	210	612	25	25	25	145	0	

Окончание табл. 3

№ п/п	Наименование учреждения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сибирский федеральный округ										
1	ГРОУ «Анжеро-Судженский политехнический колледж»	25	25							
2	ГБПОУ «Черногорский горно-строительный техникум»	100	50			50				
3	ГБПОУ «Проктопьевский горнотехнический колледж им. В. П. Романова»	170	70	25	50	25				
4	ОГБПОУ «Томский политехнический техникум»	25								25
5	ГБПОУ НСО «Сибирский геофизический колледж»	75						25	25	25
6	ГБПОУ «Черемховский горнотехнический колледж им. М. И. Щадова»	70	25			45				
7	ГПОУ «Кузнецкий индустриальный техникум»	125	50	25	25		25			
8	ГБПОУ «Междуреченский горностроительный техникум»	190	45	25	25	45	50			
9	ГОУ СПО «Иркутский геологоразведочный техникум» (Факультет СПО Иркутского НИТУ)	75						25	25	25
10	ГПОУ «Таштагольский техникум горных технологий и сферы обслуживания»	76		51			25			
11	ГБПОУ «Ленинск-Кузнецкий горнотехнический колледж»	100	25	50		25				
12	КГБПОУ «Рубцовский аграрно-промышленный техникум»	70		45		25				
13	Заполярный государственный университет им. Н. М. Федоровского	45		45						
14	ГПОУ «Беловский политехнический техникум»	139	45	20	49	25				
15	ГБПОУ «Кемеровский горнотехнический техникум им. В. Г. Кожвина»	240	70	45		50	75			
16	ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»	20		20						
17	ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова "Колледж БГУ"»	15							15	
18	ГБПОУ «Байкальский колледж недропользования»	175	25		25	25	75		25	
	ВСЕГО	1735	430	351	174	315	250	50	90	75

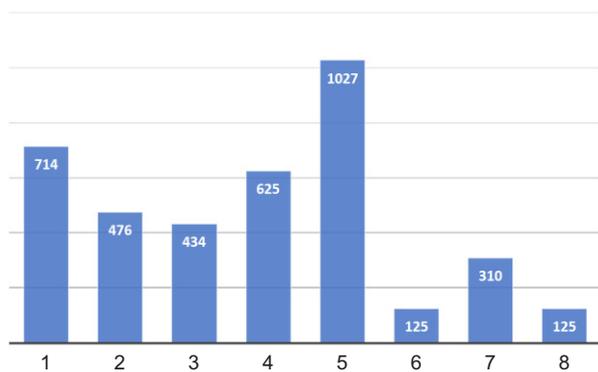


Рис. 1. Диаграмма приёма граждан на обучение по программам среднего профессионального образования за счёт средств бюджета по очной и заочной формам обучения на 2023/2024 учебный год (чел./мест):

специальности: 1 – открытые горные работы, 2 – подземная разработка месторождений полезных ископаемых, 3 – маркшейдерское дело, 4 – обогащение полезных ископаемых, 5 – ремонтник горного оборудования, электрослесарь, техобслуживание и др., 6 – технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых, 7 – геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, 8 – геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

активную помощь осуществляет Федеральное агентство по недропользованию «Роснедра». В настоящее время ДЮГД насчитывает свыше ста организационных структур в более чем пятидесяти регионах России и охватывает порядка двадцати тысяч школьников и молодёжи [10, 39]. Организационную и материальную помощь движению, помимо федеральных и муниципальных структур, оказывают субъекты хозяйствования, высшего образования (в дополнение к действующим при них «Геологических школах» и «Клубах») и РАН РФ. Заработал сайт «Юный геолог России» [39].

8 декабря 2016 г. в Государственном геологическом музее им. В. И. Вернадского РАН состоялось торжественное открытие детской интерактивной площадки Межвузовского академического центра навигации по специальностям горно-геологического профиля, ставшего первым в России подобным элементом в системе непрерывного образования и просвещения детей и молодёжи: школа – ВУЗ – производство. В 2022 г. ему было присвоено имя заслуженного деятеля науки и техники

РФ, академика РАН, президента Академии горных наук, лауреата Государственной премии РФ, премии Правительства РФ, Совета Министров СССР и Ленинского комсомола Ю. Н. Малышева. Базовым и целевым направлением работы центра стало развитие образования в области геологии и природопользования, экологии и профессиональной ориентации по специальности горно-геологического, металлургического и нефтегазового профиля [18]. В 2022 г. Федеральным агентством по недропользованию был учреждён фонд развития детско-юношеского и молодёжного образования «Юный геолог».

Необходимые и крайне важные шаги в развитии ДЮГД, как ожидается, должны привести к заметным сдвигам в профессиональной ориентации молодёжи при существенных изменениях в сложившихся к настоящему времени приоритетах и общественном мнении о профессии. До середины 1980-х гг. деятельность геолога звучала в песнях, демонстрировалась с экранов кинематографа и телевидения, постоянно упоминалась в книгах, журналах и газетах. Песни «Люди идут по свету» Р. Ченборисовой и И. Сидорова (1962–1964 г.), «Геологи» А. Пахмутовой, С. Гребенникова и Н. Добронравова

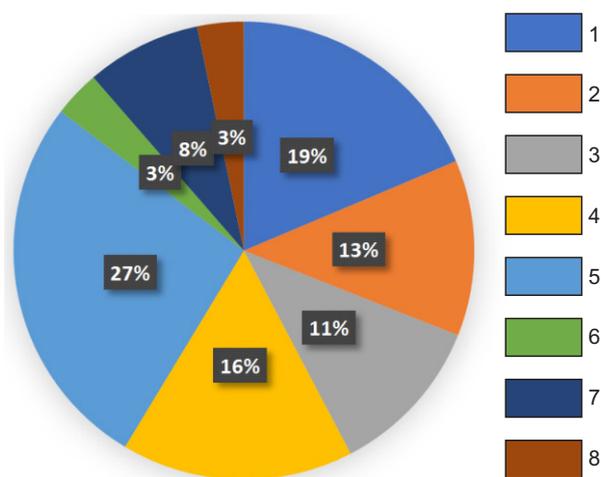


Рис. 2. Диаграмма приёма граждан на обучение по программам среднего профессионального образования за счёт средств бюджета по очной и заочной формам обучения на 2023/2024 учебный год (с округлением до целых значений):

нумерация специальностей соответствует использованной на рис. 1.

(1963) стали не только гимнами российских геологов, их пела «вся страна». Фильм «Неотправленное письмо» (1959 г.) с Иннокентием Смоктуновским в роли начальника поисковой партии, «Алешкина любовь» (1960 г.) с Леонидом Быковым, «Территория» (1978 г.) с Донатасом Банионисом в роли «Будды» сыграли немаловажную роль в выборе сложной, но нужной для индустриализации страны геологической профессии. Роман Олега Куваева «Территория» (1975 г.), положенный в основу одноимённого фильма и выдержавший более тридцати изданий, в том числе в «Роман-газете» суммарным тиражом 3 млн экз., до сих пор захватывает умы и сердца людей, ориентируя их на геологический труд. А роман В. Каверина «Два капитана» (1930–1945 гг.) стал настольной книгой целого поколения не только школьников и молодых людей, но и взрослых читателей. Его содержание, экранизированное в 1955 г. и 1976 г., а также в телесериале 2017 г., вдохновили многих стать не только полярниками и лётчиками, как Саня Григорьев, но и геологами – как Катя Татарина. Их любовь, верность и жизненный путь, наполненные самоотверженностью и романтикой, нашли своё отражение в девизе «Бороться и искать, найти и не сдаваться» – девизе исследователей и первооткрывателей, к которым в полной мере относятся геологи.

В начале формирования рыночных отношений приоритет на специальности стал отводиться экономистам и юристам, а в последние годы на первое место выходят информационные технологии (ИТ). 21 ноября 2023 г. премьер-министр М. В. Мишустин отметил, что «Специалисты, способные выпускать передовые программные продукты, сейчас крайне востребованы практически во всех отраслях нашей экономики» [20]. По сведениям, приведённым в «Тинькофф Журнале» со ссылкой на опрос 1940 работающих россиян старше 18 лет, проведённый в марте 2023 г. Институтом общественного мнения «Анкетолог» из г. Новосибирск, наиболее востребованными в России в ближайшие 10–20 лет станут информационные технологии, биотехнологии, робототехника и машиностроение. Добыча сырья и здравоохранение, по мнению 23 % респондентов, заняли последнее место [6].

Не менее важным для школьников и их родителей при выборе будущих профессий, особенно в сфере квалифицированного рабочего и специалистов среднего звена, является понимание возможности последующего трудоустройства и размера заработной платы. «Машинист на открытых

горных работах» или «Ремонтник горного оборудования» практически всегда найдёт работу если не в горно-геологической сфере, то в городском или дорожном строительстве, на автотранспортных предприятиях, в сельском хозяйстве, в организациях коммунального хозяйства и др. Однако специалист, получивший образование по направлению «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», применение по своей специальности может найти только в геологоразведочной деятельности.

Ожидаемые размеры заработной платы, по данным сайта Оленегорского горнопромышленного колледжа Мурманской области, составляют (в руб./мес.): начинающий горный инженер-обогадитель – 35 000, опытный – 45 000, а профессионал – 80 000 [33]. Новочеркасский геологоразведочный колледж анонсирует, что начальная оплата труда по направлениям «Бурение нефтяных и газовых скважин» и «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» – 70 тыс. руб., «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» и «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений» – 45 тыс. руб. [14]. Байкальский колледж недропользования озвучивает зарплату подземного горнорабочего от 30 тыс. руб., обогапителя полезных ископаемых – от 25–30 тыс. руб., техника-геолога – отборщика проб – от 45 до 65 тыс. руб., маркшейдера – от 60 тыс. руб., горного техника с опытом работы около 5 лет на должности горного мастера – 70–80 тыс. руб. [5]. Очевидно, что такие перспективы «материального благополучия» не вызывают большого оптимизма. Для сравнения, В. Г. Мартынов в интервью корреспонденту НТВ сообщил, что стартовая зарплата выпускников университета имени И. М. Губкина, выпускающего кадры для нефтегазовой сферы, составляют: «По магистрам, например, это 120 тысяч рублей. Это средняя зарплата в первый год работы. Есть примеры – и 300 тысяч, и больше» [34].

Предоставление образовательных услуг СПО нуждается в корректировке и совершенствовании. Существовавшая в условиях плановой экономики и государственной собственности на материальные ресурсы система, когда «Заказчик» в лице государственных структур определял направления развития, востребованность профессий и специальностей, необходимое количество образовательных учреждений, их финансирование, заполненность обучающимися и распределение (трудоустройство)

выпускников, не может применяться в рамках рыночной экономики. На основании Распоряжения Правительства Российской Федерации от 29.12.2011 г. № 2413-р «О передаче в ведение субъектов Российской Федерации федеральных государственных образовательных учреждений среднего профессионального образования» произведён перевод большинства организаций СПО на региональный уровень управления. Регулирование объёма государственного задания и финансирование за счёт бюджетных ассигнований федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов осуществляется на основе устанавливаемых КЦП и размера нормативных затрат на оказание государственной услуги (ст. 100 Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ в ред. от 25.12.2023 г., Письмо Минобрнауки России от 27.02.2018 г. № 06–341 «О методических рекомендациях...»). В результате, с одной стороны, сохраняется минимальное гарантированное финансовое обеспечение ссузов, но, с другой стороны, хозяйствующие субъекты при возможности получения специалистов без каких-либо обязательств приёма будущих выпускников на работу недостаточно проявляют заинтересованность в количестве обучаемых, полагая, что необходимые навыки они приобретут на производстве. Этим обстоятельством пользуется и часть абитуриентов, которые случайно выбирают профессию, поступая в средние специальные учебные заведения на общедоступной основе (по среднему баллу аттестата) без вступительных испытаний и ЕГЭ. Получив диплом, специальность и отсрочку от армии, в дальнейшем они находят себе применение в различных сферах деятельности, не связанных с геологией.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.08.2013 г. № 706 «Об утверждении правил оказания платных образовательных услуг» была открыта возможность привлечения к образовательному процессу средств физических и (или) юридических лиц. Использование внебюджетных средств для подготовки специалистов имеет исторические корни. В литературе дискутируются сведения, что ещё в 1771 г. «... несколько башкирцев, занимавшихся добычей руд в Пермской губернии, именно Исмаил Тасимов с товарищами, обратились в Берг-Коллегию с просьбой дозволить и разрабатывать казенные медные рудники... и ходатайствовали перед правительством учреждения Горного училища и на содержание его, доколе по-

следнее будет существовать, они обещались уступать с каждого пуда поставляемой ими руды (по полушке с получаемой ими платы». При этом за 1778–1781 гг. от рудо-промышленников было передано в кассу Берг-Коллегии 4594 рубля 93 копейки на содержание училища [21].

Федеральным законом от 25.12.2023 г. № 656-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации “О недрах”» юридическим лицам – пользователям недр предоставлено право на региональное геологическое изучение недр за счёт собственных и (или) привлечённых средств. Поскольку этот вид деятельности требует квалифицированных кадров, способных проводить геологические исследования, можно ожидать рост заинтересованности недропользователей в их обучении/подготовке.

В настоящее время инвестиционная деятельность недропользователей распределяется неравномерно. Например, в Сибирском ФО в ГБПОУ НСО «Сибирский геофизический колледж» на 01.10.2023 г. численность обучающихся за счёт бюджетных ассигнований областного бюджета Новосибирской области по всем специальностям среднего звена составляла 318 человек, а по договорам об образовании, заключаемым при приёме на обучение за счёт средств юридических и (или) физических лиц, – 213 человек (40,11 % от общего количества). По направлению «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» соотношение составило 65 и 31 человек (32,3 %), «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» – 101 и 105 человек (50,97 %), а «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» – 102 и 77 человек (43,02 %) соответственно [36]. Для сравнения, на факультете СПО Иркутского национального исследовательского технического университета (Геологоразведочный техникум) соотношения бюджетных и коммерческих мест по всем трём названным выше специальностям в 2023 г. были равны, а в Новочеркасском геологоразведочном техникуме в это же время по специальности «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» на платной основе обучалось 7,4 %, а на «Геологической съёмке, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых» – только 4,7 % [15].

Проблему инвестирования в обучение со стороны недропользователей в отношении высшего образования в 2023 г. поднимал ректор Санкт-

Петербургского горного университета В. С. Литвиненко на совещании по развитию дальневосточных городов: «Это ненормально, когда, получив лицензию, недропользователь фактически только потребляет. [Необходимо] ввести норму отчисления для добывающих компаний в размере действующего закона о недрах, он предусмотрен, не более, 0,1–0,2 процента, вполне достаточно, от полученной прибыли – на восполнение инженерных кадров, именно региональных» [37].

Бюджетные, так называемые бесплатные места должны быть в первую очередь ориентированы на государственные задачи, а именно на подготовку специалистов, необходимых для обеспечения регионального геологического изучения недр территории Российской Федерации и её континентального шельфа, прогнозирование месторождений полезных ископаемых и их геолого-экономическую оценку, то есть формирование «поискового задела», а также внедрение технологий искусственного интеллекта в геологоразведочную деятельность [3] и выполнение работ в интересах субъектов федерации. Среди основных специальностей этого профиля предлагается рассматривать «Геологическую съёмку, поиски и разведку месторождений полезных ископаемых», «Технологию и технику разведки месторождений полезных ископаемых», «Гидрогеологию и инженерную геологию» и «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», из сопутствующих – «Прикладную геодезию» и «Землеустройство».

Для специальностей, связанных с эксплуатацией (разработкой) месторождений, включая бурение добычных скважин, обслуживание горнодобывающей техники и транспортировку продукции при проведении открытых и подземных работ, в том числе в шахтах, маркшейдерское дело и обогащение полезных ископаемых, находящихся в прямом интересе недропользователей, целесообразно предусмотреть существенное замещение бюджетного финансирования обучения на инвестиционное. По отдельным направлениям этот процесс фактически уже происходит.

Внедрение новых технологий, механизации, автоматизации и компьютеризации/цифровизации в геологоразведочную деятельность приводит к появлению новых специальностей или изменению и исчезновению устаревших. К одному из актуальных направлений следует отнести «Объёмное геологическое картирование осадочных бассейнов на основе комплексного использования дистанци-

онных, геолого-геофизических, геохимических и гидрогеологических данных». Требуется постоянная актуализация образовательных программ, стандартов и перечней специальностей с указанием квалификаций. Действующий Перечень наименований специальностей СПО утверждён Приказом Министерства просвещения РФ от 17.05.2022 г. № 336 «Об утверждении перечней профессий и специальностей среднего профессионального образования...». Приведённые в нём группы и наименования специальностей принципиально отличаются от приведённых в «Перечне специальностей и направлений подготовки высшего образования по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам ординатуры и программам ассистентуры-стажировки» (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 01.02.2022 г. № 89, вступает в силу с 01.09.2025 г.). В частности, для высшего образования предусмотрено направление подготовки «Геология», которое включено в укрупнённую группу «Науки о Земле», выделен блок «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело, геодезия и землеустройство», изменились наименования квалификаций. Кроме того, Московскому государственному университету им. М. В. Ломоносова, Санкт-Петербургскому государственному университету, образовательным организациям высшего образования, в отношении которых установлена категория «федеральный университет» или «национальный исследовательский университет», образовательным организациям высшего образования, осуществляющим образовательную деятельность на территории инновационного центра «Сколково» и территориях инновационных научно-технологических центров, а также федеральным государственным образовательным организациям высшего образования, перечень которых утверждается указом Президента Российской Федерации, предоставлено право разрабатывать и утверждать самостоятельно образовательные стандарты по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам ординатуры и программам ассистентуры-стажировки (Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», редакция, действующая с 01.01.2024 г.).

Естественно, не следует ожидать полной идентичности наименований специальностей среднего и высшего образования. Но для обеспечения преемственности в их функциональном содержании

и эффективного разграничения должностных обязанностей специалистов они должны быть согласованы, а также определены соответствия, облечённые в нормативную форму. Например, одинаковые наименования специальностей, существовавшие в доперестроечное время, способствовали решению проблемы острой нехватки инженерных геологических кадров при интенсивно растущих потребностях экономики и обороны СССР в минеральном сырье в довоенные, военные (1941–1945 гг.) и послевоенные годы. Подготовка технических специалистов в течение краткосрочного периода обучения с последующим приобретением ими дополнительных профессиональных навыков во время практической работы обеспечили ускоренное заполнение инженерных и руководящих вакансий и в конечном итоге успешное решение задач, поставленных государством.

Заключение.

1. Совершенствование и согласование миссий, целей и задач ДЮГД, среднего и высшего профессионального обучения, продвижение оптимальных форм их организации и финансирования требуют координации усилий Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федерального агентства по недропользованию и Общественной организации «Русское геологическое общество», с одной стороны, и Министерства науки и высшего образования РФ и Министерства просвещения РФ, с другой. Достижение эффективного уровня взаимодействия участников процесса может быть реализовано на основе создания в системе Роснедр специализированных координационных советов по обеспечению комплексного научно-технологического сопровождения геологоразведочных работ [2] с введением в перечень их функциональных обязанностей мониторинга подготовки профессиональных кадров среднего и инженерного звена.

2. Актуализация и утверждение перечней профессий и специальностей с указанием квалификаций для подготовки специалистов, осуществляющих геологическое изучение территории России и воспроизводство её минерально-сырьевой базы, реализацию государственной политики и нормативно-правовое регулирование в сфере среднего профессионального образования на базе законченного среднего общего образования (11 классов) должны осуществляться на паритетной основе Министерством науки и высшего образования РФ и Министерством просвещения РФ с учётом предложений со стороны координационных советов

по обеспечению комплексного научно-технологического сопровождения геологоразведочных работ и Общественной организации «Русское геологическое общество».

3. Необходимо согласовать и установить соответствия между отдельными профессиями, специальностями и направлениями подготовки с указанием квалификаций, установленных в «Перечне профессий и специальностей среднего профессионального образования...» (Приказ Министерства просвещения РФ от 17.05.2022 г. № 336) и в «Перечне специальностей и направлений подготовки высшего образования...» (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 01.02.2022 г. № 89). Предлагается в укрупнённой группе специальностей 21.00.00 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» перечня СПО выделить направление «Геология», содержащее специальности «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» и «Гидрогеология и инженерная геология» с указанием квалификации «Техник-геолог широкого профиля».

4. С целью обеспечения преемственности профессионального обучения и повышения эффективности функционирования системы «школа – профессиональное образование – производство» обучение по программам среднего специального образования на базе среднего общего образования целесообразно проводить в колледжах профильных институтов и соответствующих факультетов университетов, а также в профессионально-ориентированных образовательных организациях, на которые распространяются полномочия Российской Федерации в сфере образования и переданные органам государственной власти субъектов Российской Федерации. Основные объёмы средств, выделяемых из федерального бюджета для финансирования образовательных услуг, рекомендуется адресовывать на целевое обеспечение «контрольных цифр приёма» по направлению «Геология», ориентированному на подготовку специалистов для регионального геологического изучения недр территории Российской Федерации и её континентального шельфа, прогнозирование месторождений полезных ископаемых и их геолого-экономическую оценку. Финансирование обучения по специальностям, относящимся к эксплуатации

месторождений, должно в основном осуществляться за счёт инвестиций со стороны хозяйствующих субъектов и физических лиц.

5. Для обеспечения долгосрочной энергетической и сырьевой потребностей экономики государ-

ства необходимо изменение сложившегося общественного мнения в отношении геологических профессий. Крайне важна популяризация труда геологов, в первую очередь, через средства печати, телевидения, кинематографа и интернета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Истратова К.* Без геологов не обойтись // Добывающая промышленность. – 2023. – № 2 (38). – С. 46–52.
2. *Милетенко Н. В., Костюченко С. Л., Фаррахов Е. Г.* Механизмы координации и взаимодействия при обеспечении комплексного научно-технологического сопровождения геолого-разведочных работ // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2023. – № 1. – С. 44–52.
3. *Милетенко Н. В., Костюченко С. Л., Фаррахов Е. Г.* Состояние и перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта в геолого-разведочную деятельность // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2023. – № 2. – С. 52–62.
4. *Петров П. С.* Органы управления отраслью «Геология и разведка недр» от Геолкома до Министерства геологии СССР, 1882–1985 : справочник. – Л. : Недра, 1990. – 687 с.
5. *Байкальский колледж недропользования* [Электронный ресурс]. – URL: <https://bkn03.ru> (дата обращения: 20.01.2024).
6. *Востребованные профессии в 2024 году на ближайшие 10 лет: в России и мире* [Электронный ресурс]. – URL: <https://journal.tinkoff.ru/guide/future-workforce/> (дата обращения: 20.01.2024)
7. *ГАПОУ РК «Петрозаводский техникум городского хозяйства».* Прием на обучение в техникум [Электронный ресурс]. – URL: <https://ptgh.onego.ru/about/4803/9534/> (дата обращения: 20.01.2024)
8. *Геологические колледжи и техникумы Дальневосточного федерального округа, колледжи для геологов* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ucheba.ru/for-abiturients/college/DFO/geology?ysclid=lqcrpvjwre227167652> (дата обращения: 25.12.2023)
9. *Геологические колледжи и техникумы Сибирского федерального округа, колледжи для геологов* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ucheba.ru/for-abiturients/college/SIFO/geology> (дата обращения: 25.12.2023)
10. *Голиков С. И.* История ДЮГД [Электронный ресурс]. – URL: <https://посгео.рф/hist.html> (дата обращения: 20.01.2024)
11. *Горная отрасль в тисках дефицита кадров. Часть 1. Как преодолеть кадровый голод?* [Электронный ресурс]. – URL: https://www.prometall.info/ludi/experti/gornaya_otrasl_v_tiskakh_defitsita_kadrov_chast_1?ysclid=lpbld82ge566696334 (дата обращения: 20.01.2024)
12. *Зачисление* (приказы о зачислении) ГАПОУ СО «УГК им. И.И. Ползунова» [Электронный ресурс]. – URL: <https://ugkr.ru/abitur/227/> (дата обращения: 20.01.2024)
13. *Информация о движении контингента* [Электронный ресурс]. – URL: <https://klincollege.ru/klncllg-Assets/images/Obrazovanie/2023/informaciya-o-dvizhenii-kontingenta.pdf> (дата обращения: 20.01.2024)
14. *Информация о численности обучающихся* [Электронный ресурс]. – URL: <https://нгрк.рф/sveden/obrazovanie/informacija-o-chislennosti-obuchajushhihsja> (дата обращения: 20.01.2024)
15. *Информация о численности обучающихся* [Электронный ресурс]. – URL: <https://нгрк.рф/sveden/obrazovanie/informacija-o-chislennosti-obuchajushhihsja/> (дата обращения: 25.12.2023).
16. *Контрольные цифры приема на 1 курс в 2023/2024 учебном году на программы среднего профессионального образования* [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sofmgri.ru/ru/Abitur/priem-kol-mest-spo.php> (дата обращения: 20.01.2024)
17. *Медведева О.* Кадровый голод назвали одной из главных проблем горнодобывающей промышленности // Российская газета – Экономика УРФО. – 2023. – № 9194 (249). – [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2023/11/02/reg-urfo/trudno-identi-vogoru.html> (дата обращения: 20.01.2024)
18. *Межвузовский академический центр навигации по специальностям горно-геологического профиля* [Электронный ресурс]. – URL: <http://c-nav.ru/> (дата обращения: 25.01.2024)
19. *Миасский геологоразведочный колледж – официальный сайт МГПК* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.miassgrk.ru/> (дата обращения: 20.01.2024)
20. *Мишустин поручил внедрить единую цифровую инфраструктуру в каждом регионе* [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/19340743> (дата обращения: 20.01.2024).
21. *Муталов М.* Зачинатель российской горной школы // Бельские просторы. – 2007. – № 3 (100) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.hrono.info/text/2007/mut03_07.html (дата обращения: 20.01.2024).
22. *Научно-практическая конференция «Актуальные проблемы поисковой геологии» в ФГБУ «ВИМС»* [Электронный ресурс]. – URL: <https://vims-geo.ru/>

- ru/news/nauchno-prakticheskaya-konferenciya-aktualnye-voprosy-poiskovoj-geologii-v-fgbu-vims (дата обращения: 25.12.2023)
23. *Новочеркасский* геологоразведочный колледж : отчет НГК по самообследованию 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://ngrpk.pf/wp-content/uploads/2023/04/Отчет-НГК-по-самообследованию-2023.pdf> (дата обращения: 20.01.2024)
 24. *Новочеркасский* геологоразведочный колледж : история [Электронный ресурс]. – URL: <https://ngrpk.pf/nash-kolledzh/istorija/> (дата обращения: 20.01.2024)
 25. *Новочеркасский* геологоразведочный колледж : приложение №54 к приказу №1338 [Электронный ресурс]. – URL: <https://ngrpk.pf/wp-content/uploads/2023/03/Приложение-№54-к-приказу-№1338.pdf> (дата обращения: 20.01.2024)
 26. *Образование* ГАПОУ СО «УГК им. И. И. Ползунова» [Электронный ресурс]. – URL: <https://ugkr.ru/sveden/education/> (дата обращения: 20.01.2024)
 27. *Перечень* специальностей (профессий) набор 2023 года с указанием форм обучения [Электронный ресурс]. – URL: [https://aptasbest.ru/updocs/abit/docs/2023/Перечень%20специальностей%20\(профессий\)%20набор%202023%20года%20с%20указанием%20форм%20обучения.pdf](https://aptasbest.ru/updocs/abit/docs/2023/Перечень%20специальностей%20(профессий)%20набор%202023%20года%20с%20указанием%20форм%20обучения.pdf) (дата обращения: 20.01.2024)
 28. *Приём* в ГАПОУ СО «Исовский геологоразведочный техникум» на 2023/2024 учебный год [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.igrt.ru/images/files/abiturientu/priem%202023-24.pdf> (дата обращения: 20.01.2024)
 29. *Приказ* «Об утверждении контрольных цифр приема граждан по программам среднего профессионального образования за счет бюджетных ассигнований областного бюджета на 2023-2024 учебный год» [Электронный ресурс]. – URL: <https://minobr74.ru/documents/doc/13663>
 30. *Приказ* об утверждении контрольных цифр приема по профессиям, специальностям для обучения по образовательным программам среднего профессионального образования за счет бюджетных ассигнований бюджета Мурманской области на 2023/2024 учебный год организациям, осуществляющим образовательную деятельность № 993 от 31.05.2022 [Электронный ресурс]. – URL: <http://my.olgpk.ru/docs/Документы%202023%20год/prikaz-ob-ustanovlenii-ktsp-ot-31-05-2022-n-993.pdf> (дата обращения: 20.01.2024)
 31. *Программа* развития геологоразведочного техникума [Электронный ресурс]. – URL: http://old.mgrt.info/wp-content/uploads/2015/04/программа_развития.pdf (дата обращения: 25.12.2023)
 32. *Профессии* и специальности Колледж «Подмосковье» [Электронный ресурс]. – URL: <https://klin-college.ru/abitur/professii-i-specialnosti/> (дата обращения: 20.01.2024)
 33. *Профессия* Горный инженер-обогачитель в ОГПК: Оленегорский горнопромышленный колледж получить профессию Горный инженер-обогачитель [Электронный ресурс]. – URL: <https://vuzopedia.ru/ssuzy/olenegorskiy-gornopromyshlennyu-kolledzh/professii/380> (дата обращения: 25.12.2023)
 34. *Ректор* РГУ имени Губкина объяснил высокие зарплаты нефтяников [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ntv.ru/novosti/2738291/> (дата обращения: 20.01.2024).
 35. *Ровнин* Лев Иванович (1928–2014) [Электронный ресурс]. – URL: (<https://proektirovanie.gazprom.ru/social/32/>) (дата обращения: 20.01.2024)
 36. *Сибирский* геофизический колледж: Образование [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sibgeomet.ru/about_the_university/education/ (дата обращения: 20.01.2024).
 37. *Совещание* по развитию дальневосточных городов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/70675> (дата обращения: 20.01.2024)
 38. *Устав* государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Новосибирской области «Сибирский геофизический колледж» (Новая редакция) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sibgeomet.ru/documents/УСТАВ%20НОВЫЙ.pdf> (дата обращения: 20.01.2024)
 39. *Юный* геолог России [Электронный ресурс]. – URL: <https://yungeo.ru/about/history/> (дата обращения: 20.01.2024)

REFERENCES

1. *Istratova K.* Bez geologov ne oboytis' [You can't do without geologists], *Dobyvayushchaya promyshlennost'* [Extractive industry], 2023, No. 2 (38), pp. 46–52. (In Russ.)
2. *Miletenko N. V., Kostyuchenko S. L., Farrakhov Ye. G.* Mekhanizmy koordinatsii i vzaimodeystviya pri obespechenii kompleksnogo nauchno-tehnologicheskogo soprovozhdeniya geologo-razvedochnykh rabot [Mechanisms of coordination and interaction in providing comprehensive scientific and technological support for geological exploration work], *Mineral'nyye*

- resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye [Mineral resources of Russia. Economics & management], 2023, No. 1, pp. 44–52. (In Russ.)
3. *Miletenko N. V., Kostyuchenko S. L., Farrakhov Ye. G.* Sostoyaniye i perspektivy vnedreniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta v geologo-razvedochnuyu deyatel'nost' [State and prospects for introducing artificial intelligence technologies into geological exploration], *Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye* [Mineral resources of Russia. Economics & management], 2023, No. 2, pp. 52–62. (In Russ.)
 4. *Petrov P. S.* Organy upravleniya otrasl'yu "Geologiya i razvedka nedr" ot Geolkoma do Ministerstva geologii SSSR [Management bodies of the industry "Geology and subsoil exploration" from Geolkom to the Ministry of Geology of the USSR], Leningrad, Nedra publ., 1990, 687 p. (In Russ.)
 5. *Baykal'skiy kolledzh nedropol'zovaniya* [Baikal College of Subsoil Use], available at: <https://bkn03.ru> (20.01.2024).
 6. *Vostrebovannyye professii v 2024 godu na blizhayskiye 10 let: v Rossii i mire* [Professions in demand in 2024 for the next 10 years: in Russia and the world], available at: <https://journal.tinkoff.ru/guide/future-workforce/> (20.01.2024)
 7. *GAPOU RK* "Petrozavodskiy tekhnikum gorodskogo khozyaystva". Priyem na obucheniye v tekhnikum [GAPOU RK "Petrozavodsk Technical School of Municipal Economy". Admission to study at a technical school], available at: <https://ptgh.onego.ru/about/4803/9534/> (20.01.2024)
 8. *Geologicheskiye kolledzhi i tekhnikumy Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga, kolledzhi dlya geologov* [Geological colleges and technical schools of the Far Eastern Federal District, colleges for geologists], available at: <https://www.ucheba.ru/for-abiturients/college/DFO/geology?ysclid=lqcpvgwjre227167652> (25.12.2023)
 9. *Geologicheskiye kolledzhi i tekhnikumy Sibirskogo federal'nogo okruga, kolledzhi dlya geologov* [Geological colleges and technical schools of the Siberian Federal District, colleges for geologists], available at: <https://www.ucheba.ru/for-abiturients/college/SIFO/geology> (25.12.2023)
 10. *Golikov S. I.* Istoriya DYUGD [History of the DYUGD], available at: <https://pocreo.pф/hist.html> (20.01.2024)
 11. *Gornaya otrasl' v tiskakh defitsita kadrov. Chast' 1. Kak preodolet' kadrovyy golod?* [The mining industry is in the grip of a personnel shortage. Part 1. How to overcome personnel shortages?], available at: https://www.prometall.info/ludi/experti/gornaya_otrasl_v_tiskakh_defitsita_kadrov_chast_1?ysclid=lpsbld82ge566696334 (20.01.2024)
 12. *Zachisleniye (prikazy o zachislenii) GAPOU SO "UGK im. I.I. Polzunova"* [Enrollment (enrollment orders) GAPOU SO "UGK im. I.I. Polzunov"], available at: <https://ugkp.ru/abitur/227/> (20.01.2024)
 13. *Informatsiya o dvizhenii kontingenta* [Information about the movement of the contingent], available at: <https://klincollege.ru/klncllgAssets/images/Obrazovanie/2023/informaciya-o-dvizhenii-kontingenta.pdf> (20.01.2024)
 14. *Informatsiya o chislennosti obuchayushchikhsya* [Information on the number of students], available at: <https://нгрк.рф/sveden/obrazovanie/informaciya-o-chislennosti-obuchajushchihhsja> (20.01.2024)
 15. *Informatsiya o chislennosti obuchayushchikhsya* [Information on the number of students], available at: <https://нгрк.рф/sveden/obrazovanie/informaciya-o-chislennosti-obuchajushchihhsja/> (25.12.2023).
 16. *Kontrol'nyye tsifry priyema na 1 kurs v 2023/2024 uchebnom godu na programmy srednego professional'nogo obrazovaniya* [Target figures for admission to 1st grade in the 2023/2024 academic year for secondary vocational education programs], available at: <http://www.sofmgri.ru/ru/Abitur/priem-kol-mest-spo.php> (20.01.2024)
 17. *Medvedeva O.* Kadrovyy golod nazvali odnoy iz glavnnykh problem gornodobyvayushchey promyshlennosti [Personnel shortage was called one of the main problems of the mining industry], available at: <https://rg.ru/2023/11/02/reg-urfo/trudno-identi-v-goru.html> (20.01.2024)
 18. *Mezhvuzovskiy akademicheskii tsentr navigatsii po spetsial'nostyam gorno-geologicheskogo profilya* [Interuniversity Academic Center for Navigation in Mining and Geological Specialties], available at: <http://cnav.ru/> (25.01.2024)
 19. *Miasskiy geologorazvedochnyy kolledzh – ofitsial'nyy sayt MGRK* [Miass Geological Exploration College, official website of MGRK], available at: <https://www.miassgrk.ru/> (20.01.2024)
 20. *Mishustin poruchil vnedrit' yedinuyu tsifrovuyu infrastrukturu v kazhdom regione* [Mishustin instructed to implement a unified digital infrastructure in each region], available at: <https://tass.ru/ekonomika/19340743> (20.01.2024).
 21. *Mutalov M.* Zachinatel' rossiyskoy gornoy shkoly [Founder of the Russian mining school], available at: http://www.hrono.info/text/2007/mut03_07.html (20.01.2024).
 22. *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Aktual'nyye problemy poiskovoy geologii" v FGBU "VIMS"* [Scientific and practical conference "Current problems of prospecting geology" at the Federal State Budgetary Institution "VIMS"], available at: <https://vims-geo.ru/ru/news/nauchno-prakticheskaya-konferenciya-aktualnye-voprosy-poiskovoj-geologii-v-fgbu-vims> (25.12.2023)
 23. *Novocherkasskiy geologorazvedochnyy kolledzh: otchet NGK po samoobsledovaniyu 2023* [Novocherkassk Geological Exploration College: NGK self-examination report 2023], available at: <https://нгрк.рф/wp-content/uploads/2023/04/Отчет-НГК-по-самообследованию-2023.pdf> (20.01.2024)

24. *Novocherkasskiy geologorazvedochnyy kolledzh: istoriya* [Novocherkassk Geological Prospecting College: history], available at: <https://нгрк.рф/nash-kolledzh/istoriya/> (20.01.2024)
25. *Novocherkasskiy geologorazvedochnyy kolledzh: prilozheniye №54 k prikazu №1338* [Novocherkassk Geological Exploration College: Appendix No. 54 to Order No. 1338], available at: <https://нгрк.рф/wp-content/uploads/2023/03/Приложение-№54-к-приказу-№1338.pdf> (20.01.2024)
26. *Obrazovaniye GAPOU SO "UGK im. I.I. Polzunova"* [Education GAPOU SO "UGK im. I.I. Polzunov"], available at: <https://ugkp.ru/sveden/education/> (20.01.2024)
27. *Perechen' spetsial'nostey (professiy) nabor 2023 goda s ukazaniyem form obucheniya* [List of specialties (professions) recruited in 2023, indicating forms of training], available at: [https://aptasbest.ru/updocs/abit/docs/2023/Перечень%20специальностей%20\(профессий\)%20набор%202023%20года%20с%20указанием%20форм%20обучения.pdf](https://aptasbest.ru/updocs/abit/docs/2023/Перечень%20специальностей%20(профессий)%20набор%202023%20года%20с%20указанием%20форм%20обучения.pdf) (20.01.2024)
28. *Priyom v GAPOU SO "Isovskiy geologorazvedochnyy tekhnikum" na 2023/2024 uchebnyy god* [Admission to GAPOU SO "Isovsky Geological Exploration College" for the 2023/2024 academic year], available at: <http://www.igrt.ru/images/files/abiturientu/priem%202023-24.pdf> (20.01.2024)
29. *Prikaz "O kontrol'nykh tsifrakh priyema grazhdan po programmam srednego professional'nogo obrazovaniya na 2023–2024 uchebnyy god"* [Order "On target figures for the admission of citizens to secondary vocational education programs for the 2023-2024 academic year"], available at: <https://minobr74.ru/documents/doc/13663>
30. *Prikaz ob utverzhdenii kontrol'nykh tsifr priyema po professiyam, spetsial'nostyam dlya obucheniya po obrazovatel'nyim programmam srednego professional'nogo obrazovaniya za schet byudzhethnykh assignovaniy byudzheta Murmanskoy oblasti na 2023/2024 uchebnyy god organizatsiyam, osushchestvlyayushchim obrazovatel'nyuyu deyatelnost' № 993 ot 31.05.2022* [Order on approval of admission targets for professions, specialties for training in educational programs of secondary vocational education at the expense of budgetary allocations from the budget of the Murmansk region for the 2023/2024 academic year for organizations engaged in educational activities No. 993 dated 05/31/2022], available at: <http://my.olgpk.ru/docs/Документы%202023%20год/prikaz-ob-ustanovlenii-ktsp-ot-31-05-2022-n-993.pdf> (20.01.2024)
31. *Programma razvitiya geologorazvedochnogo tekhnikuma* [Geological Exploration College Development Program], available at: http://old.mgrt.info/wp-content/uploads/2015/04/программа_развития.pdf (25.12.2023)
32. *Professii i spetsial'nosti Kolledzh «Podmoskov'ye»* [Professions and specialties College «Moscow Region»], available at: <https://klincollege.ru/abitur/professii-i-specialnosti/> (20.01.2024)
33. *Professiya Gornyy inzhener-obogatitel' v OGPK: Olenegorskiy gornopromyshlennyy kolledzh poluchit' professiyu Gornyy inzhener-obogatitel'* [Profession Mining Processing Engineer at OGPC: Olenegorsk Mining College get the profession Mining Processing Engineer], available at: <https://vuzopedia.ru/ssuzy/olenegorskiy-gornopromyshlennyy-kolledzh/professii/380> (25.12.2023)
34. *Rektor RGU imeni Gubkina ob»yasnil vysokie zarplaty neftyanikov* [The rector of the Gubkin Russian State University explained the high salaries of oil workers], available at: <https://www.ntv.ru/novosti/2738291/> (20.01.2024).
35. *Rovnin Lev Ivanovich (1928–2014)* [Rovnin Lev Ivanovich (1928–2014)], available at: (<https://proektirovanie.gazprom.ru/social/32/>) (20.01.2024)
36. *Sibirskiy geofizicheskiy kolledzh: Obrazovaniye* [Siberian Geophysical College: Education], available at: https://www.sibgeomet.ru/about_the_university/education/ (20.01.2024).
37. *Soveshchaniye po razvitiyu dal'nevostochnykh gorodov* [Meeting on the development of Far Eastern cities], available at: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/70675> (20.01.2024)
38. *Ustav gosudarstvennogo byudzhethnogo professional'nogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya Novosibirskoy oblasti «Sibirskiy geofizicheskiy kolledzh» (Novaya redaktsiya)* [Charter of the state budgetary professional educational institution of the Novosibirsk region «Siberian Geophysical College» (New edition)], available at: <https://www.sibgeomet.ru/documents/УСТАВ%20НОВЫЙ.pdf> (20.01.2024)
39. *Yuny geolog Rossii* [Young geologist of Russia], available at: <https://yungeo.ru/about/history/> (20.01.2024)

Статья поступила в редакцию 02.02.24; одобрена после рецензирования 17.02.24; принята к публикации 20.02.24.
The article was submitted 02.02.24; approved after reviewing 17.02.24; accepted for publication 20.02.24.

Изучение самородного золота при геологоразведочных работах. Методические рекомендации

В обновлённом издании Методических рекомендаций показаны возможности использования количественно оценённых признаков самородного золота при прогнозно-поисковых работах. Описаны и проиллюстрированы основные признаки самородного золота, приведены сведения о традиционных и современных аналитических методах изучения золота в полевых и лабораторных условиях, включая многократное структурное травление. Рекомендована единая терминология для обеспечения преемственности изучения золота и сопоставления данных различных исследователей.

Ключевые слова: самородное золото, типоморфные признаки, внутреннее строение, элементы-примеси, рудно-формационные типы, методика, рекомендации, геологоразведочные работы.

ЯБЛОКОВА СВЕТЛАНА ВАСИЛЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, лауреат премии Правительства РФ

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

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

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

Studying of native gold in the course of geological exploration: methodological recommendations

S. V. YABLOKOVA, N. N. POZDNYAKOVA, L. V. SHATILOVA

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

The updated edition of the Methodological Recommendations shows the possibilities of application of quantitatively assessed features of native gold in the course of forecasting and prospecting work. The main characteristics of native gold are described and illustrated. Information is provided on traditional and modern analytical techniques for studying gold in field and laboratory conditions, including multiple structural etching. A uniform terminology is recommended to ensure continuity in the studying of gold and comparison of data from different researchers.

Key words: native gold, typomorphic features, internal structure, trace elements, ore formation types, methodology, recommendations, geological exploration.

Выявление признаков самородного золота и их применение при проведении разнообразных геологических исследований многие годы являются одним из приоритетных направлений работ «ЦНИГРИ».

Накопленный материал по минералогии золота был обобщён в Атласе «Самородное золото рудных и россыпных месторождений России» (2003, 2015), составленном Л. А. Николаевой с коллегами.

В работе нашло отражение становление нового научного направления – использование типоморфизма самородного золота при прогнозно-металлогенических исследованиях территорий на разных стадиях их изучения. Оно основано на анализе комплекса признаков, характерных для различных рудно-формационных типов месторождений с количественной оценкой каждого признака (признаковые модели золота) и их изменений под влиянием воздействия посткристалли-

зационных эндогенных процессов, а также преобразований в зоне гипергенеза и при формировании россыпей.

Методические рекомендации для геологоразведочных работ «Типоморфизм самородного золота», изданные в 2003 г., служат дальнейшим развитием направления изучения золота. В них подробно рассмотрены способы, методы исследований и интерпретации типоморфных признаков золота при оценке прогнозных ресурсов различных металлогенических объектов (рудных и россыпных районов, полей, месторождений), показаны детали и последовательность изучения золота этих таксонов.

Предложенная в методических рекомендациях систематизация признаков золота, выполненная с применением разработанной в ФГБУ «ЦНИГРИ» единой терминологии, обеспечивает преемственность изучения золота и сопоставление данных различных исследователей.

Опыт использования специалистами-недропользователями первого издания «Методических рекомендаций...» показал необходимость их дальнейшего совершенствования, детализации описания классических и новых методов исследований признаков золота как в полевых, так и лабораторных условиях, а также дополнения пояснительным иллюстративным материалом.

Переработанные и расширенные *методические рекомендации «Изучение самородного золота при геологоразведочных работах»*, изданные в 2023 г., основаны на обобщении на новом уровне обширного материала по изучению золота всех золотоносных провинций России за последние 20 лет (рис. 1).

Применение разнообразных аналитических методов создаёт возможность детализации и расширения признаков золота, оценки их информативности. Выявление геохимических особенностей золота повышает достоверность интерпретации результатов исследований.

Определение признаков золота, отражающих условия его формирования, имеет важное значение на ранних стадиях геологоразведочного процесса, когда проявления золоторудной минерализации недостаточно или плохо изучены и нередко единственным источником информации служит даже незначительное количество золота из рыхлых отложений.

Своеобразие самородного золота в различных типах месторождений и россыпях во многом за-

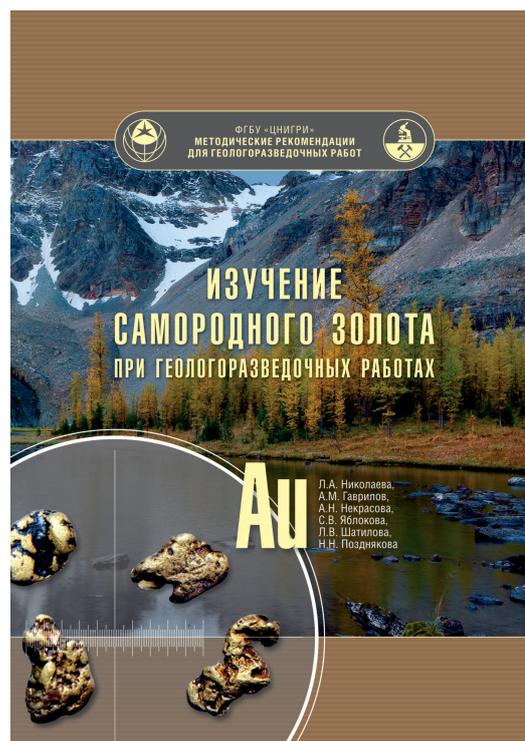


Рис. 1. Методические рекомендации «Изучение самородного золота при геологоразведочных работах», 2023 г.

висит от условий его кристаллизации на разных глубинах, вмещающей среды, последующих эпигенетических эндогенных и гипергенных воздействий. Геологическая интерпретация результатов минералогических исследований золота осложняется широкой изменчивостью его признаков и их конвергенцией. Соответственно, более эффективным является использование комплексов типоморфных признаков.

В *комплекс типоморфных признаков золота* входят размеры, формы, химический состав (пробность, элементы-примеси), характер поверхности, внутреннее строение, вторичные изменения, а в россыпях ещё окатанность, уплощённость, минералы-спутники, отражающие типы золоторудной минерализации (рис. 2).

Изучение этих признаков рассматривается для трёх этапов существования самородного золота: образование в первичных рудах и эндогенная перекристаллизация → период преобразования при формировании зоны гипергенеза (коры выветривания) → поступление в россыпи. Изменения золота в эндогенных и гипергенных условиях

Размеры
Форма
Поверхность
Пробность
Элементы-примеси
Внутреннее строение
Уплотённость
Окатанность
Минералы-спутники

Рис. 2. Основные признаки самородного золота

приводят к существенным трансформациям его отдельных признаков или всего комплекса в целом.

Основные черты самородного золота определяются особенностями формирования золотоносных рудных формаций, отражённых в составе и

последовательности рудообразующих **минеральных ассоциаций** (основных и второстепенных) (рис. 3).

Размеры золотин зависят от условий формирования руд, что позволяет использовать крупность частиц в качестве типоморфного признака для установления рудно-формационной принадлежности золотого оруденения. **Гранулометрический состав россыпного золота** зависит от типов коренных источников, гидродинамического режима формирования россыпей, ряда других факторов и широко варьирует в пределах золотоносных провинций, районов и по протяжению россыпей. В методике приводятся *классификации гранулометрии рудного и россыпного золота по данным разных источников* как в обобщённом виде, так и с учётом региональной принадлежности (рис. 4).

Формы и рельеф поверхности золотин служат показателями характера среды, в которой золото отлагалось, состава и фазового состояния растворов, условий кристаллизации и последующих преобразований (рис. 5).

Рудно-формационные типы месторождений	Минеральные ассоциации			Примеры месторождений
	Основные продуктивные	Второстепенные малопродуктивные	Редко встречающиеся	
Золото-кварцевые малосульфидные	Сульфидно-полиметаллическая, самородного золота с тонкозернистым кварцем	Ранняя пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, сульфоантимонитовая	С хрусталеносным (перекристаллизованным) кварцем	Советское, Наталкинское, Дуэт-Бриндакит, Токур, Каральвеем, Совиное
Золото-полисульфидно-кварцевые	Полисульфидная, сульфидно-полиметаллическая с минералами Bi и Te, теллуридно-висмутовая, теллуридная	Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом	Халькопирит-висмутиновая, айкинит-блэклорудная, фрейбергит-сульфоантимонитовая, сульфидно-полиметаллическая с самородным Ag и баритом, гематитовая (халькозин-гематитовая), арсенопирит-кварцевая с минералами Bi	Берёзовское, Кочкарское, Дарасунское, Ключевское, Кировское, Зун-Холбинское, Коммунар, Центральнинское, Бериккульское, Школьное
Золото-серебряные	<i>Теллуридный подтип:</i> полисульфидная, теллуридная	Блэклорудная	Борнит-халькозиновая, теллур-висмутиновая	Балейское, Карамкен, Кубака, Многовершинное, Агинское, Озерновское
	<i>Серебро-сульфосольный подтип:</i> серебро-акантитовая, серебро-сульфосольная	Полисульфидная	Халькопирит-канфилдитовая, пирит-арсенопиритовая	

Рис. 3. Золотоносные минеральные ассоциации в месторождениях различных рудно-формационных типов (фрагмент)

А

Группы	Размер, мм	Классы
Субмикроскопическое	< 0,0005	Субмикроскопический
Микроскопическое	0,0005–0,001 > 0,01–0,05 > 0,05–0,1	Тонкодисперсный Пылевидный Тонкий
Видимое	> 0,1–0,25 > 0,25–1,00 > 1,00–2,00 > 2,0–5,0 > 5,0	Весьма мелкий Мелкий Средний Крупный Весьма крупный
Самородки (масса)	5–10 г Десятки г Сотни г Кг и десятки кг	Мелкие Средние Крупные Весьма крупные и гигантские

Б

Оценка крупности	Средняя крупность, мм	Среднее содержание класса -0,25 мм, %	Средняя крупность, мм	Среднее содержание класса -0,25 мм, %
	По данным ПГО «Севостгеология»		По данным ПГО «Уралгеология»	
Весьма мелкое	0,25–1,0	10–95	0,15–0,25	55
Мелкое	1,0–2,0	4–16	0,24–0,50	30
Среднее	2,0–4,0	1–6	0,5–1,0	20
Крупное	4,0–8,0	0,1–2	1,0–4,0	10
Весьма крупное	> 8	< 0,3	> 4,0	10

Рис. 4. Классификация самородного золота:

А – в рудах по размерам его выделения (по данным Н. В. Петровской, 1973, с рядом изменений); Б – в россыпях по средней его крупности (Методика разведки россыпей..., 1992)

В «Методических рекомендациях...» в виде таблиц и фотографий наглядно показаны разнообразие форм золотин и характер их поверхности, а также их вариации, отражающие дальнейшие изменения под влиянием гипергенных процессов и при транспортировке водным потоком.

Типоморфным признаком для решения целого ряда задач также является **пробность** самородного золота (рис. 6, А). Её изменчивость, помимо указаний на формационную принадлежность золоторудной минерализации, может быть использована и при установлении минеральной зональности, проявлений интра- и пострудных преобразований. В зоне гипергенеза остаточное золото в целом наследует состав первичного, а пробность вторичного золота зависит от состава руд. Пробность россыпного золота соответствует пробности

золота коренных источников или изменяется при формировании высокопробных новообразований.

Важным геохимическим индикатором условий образования золоторудных месторождений и их формационной принадлежности служат **элементы-примеси** в самородном золоте (см. рис. 6, Б). Установлено, что их максимальное число присутствует в золоте средне- и малоглубинных месторождений с многостадийным формированием оруденения или проявлениями гибрийдизма. Набор элементов-примесей в россыпном золоте соответствует примесям в золоте коренных источников и имеет то же типоморфное значение.

Впервые аналитиками ЦНИГРИ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП МС) в золоте обнаружены редкоземельные, редкие щелочные и щёлочноземельные элементы.

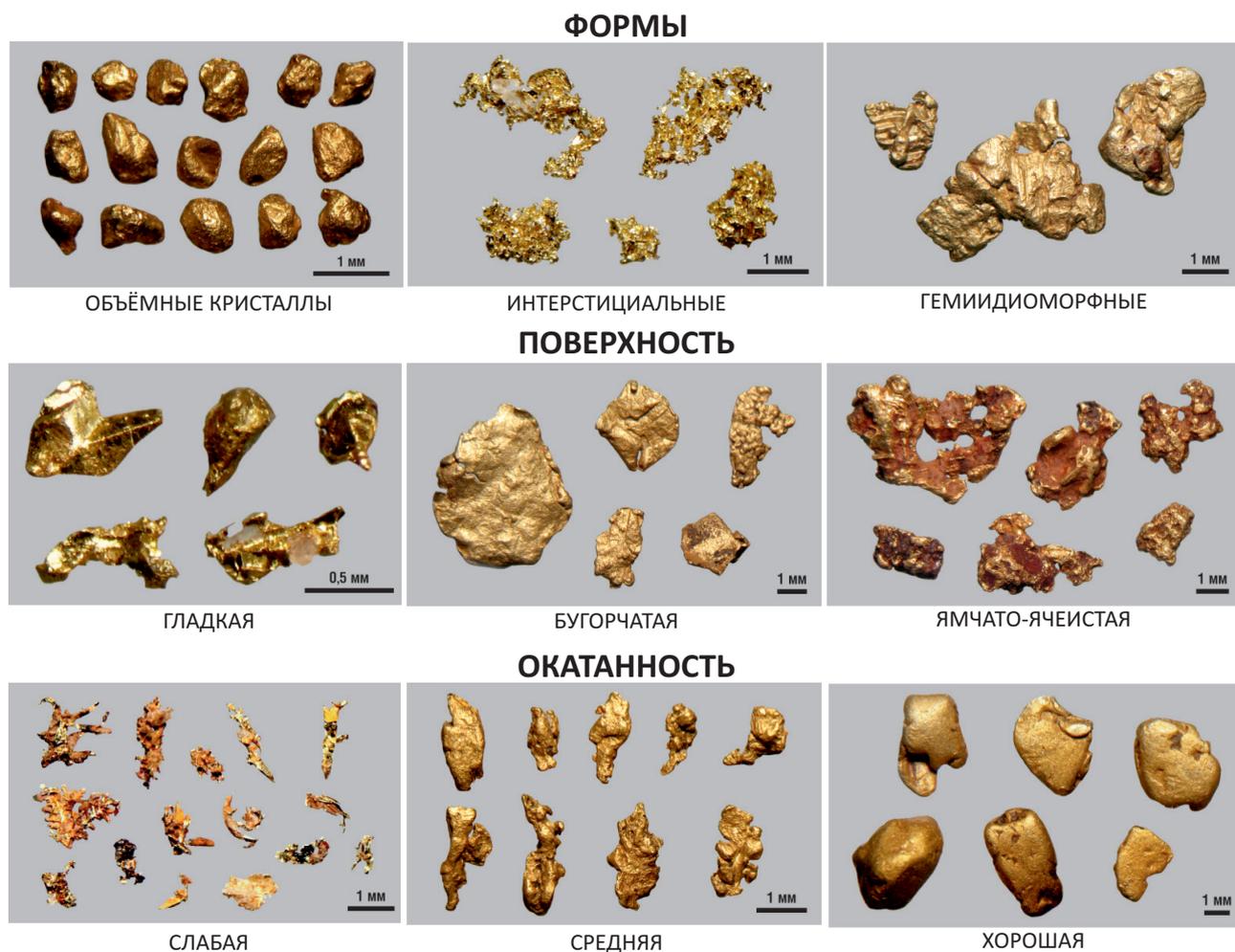


Рис. 5. Разнообразие самородного золота по форме, характеру поверхности и степени преобразования

Установлены группы элементов-примесей в самородном золоте трёх наиболее распространённых рудно-формационных типов золоторудных месторождений: золото-полисульфидно-кварцевых, золото-кварцевых малосульфидных и золото-серебряных. По этим данным, наличие Se, например, характерно для золото-серебряных месторождений, а частота встречаемости Te возрастает от золото-кварцевых к золото-серебряным месторождениям. Полученная информация позволяет более доказательно судить о рудно-формационной принадлежности проявлений коренного и россыпного золота на разных стадиях ГРР.

Одним из весьма информативных признаков золота является его **внутреннее строение**. Особенности структур зависят от исходных размеров, состава и морфологии золота, служат пока-

зателями многократности и последовательности его отложения, степени и типа метаморфизма (рис. 7).

При изучении внутреннего строения авторами применяется метод многократного последовательного (до 4–5 раз) структурного травления раствором $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ полированных срезов золотин в искусственных шлифах. Благодаря этому методу *впервые разработаны критерии отличия структур эпикристаллизационного преобразования рудного золота от последующих гипергенных изменений* остаточного золота, сопровождающихся зарождением высокопробных новообразований.

Для россыпного золота подробно рассмотрены характерные признаки изменений его структур, которые в значительной мере определяются

А Пробность (%) = Au / (Au+Ag)

весьма высокопробное	999–951
высокопробное	950–900
средней пробности	899–800
относительно низкопробное	799–700
низкопробное или высокосеребристое (электрум)	699–400
кюстелит	399–100
самородное серебро	< 100

Б Классификация элементов-примесей в самородном золоте

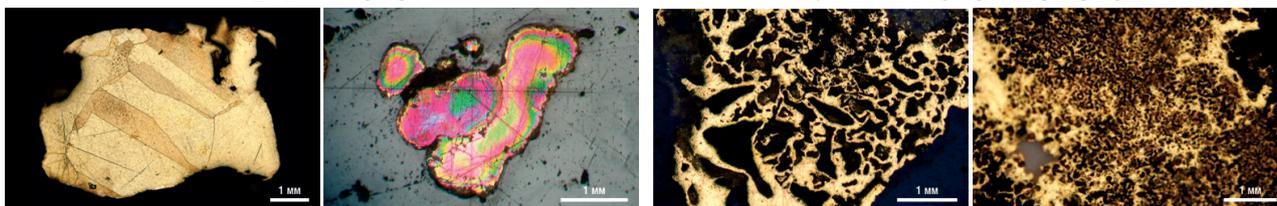
Распространённость и степень концентрации (по Н. В. Петровской, 1973)			
Главные, %	Второстепенные постоянные, %	Третьестепенные, зависящие от состава руд, %	Локально распространённые (регионально-типичные)
Ag (0,5–55)	Cu (0,001–23), Fe (0,001–0,9), Возможно, Pb (0,01–0,1)	Sb, As, Hg, Zn, Bi, Te, Se, Mn (0,000 <i>n</i> –0, <i>n</i>)	Sn, Ti, Cr, Mo, W, редкие малоизученные – Pt, МПГ, Co, Ni, V
Частота встречаемости (по Л.А. Николаевой, 1978)			
Основные (50–100%)	Второстепенные (10–50%)	Спорадические (< 10%)	
Fe, Cu, Pb, Sb	Hg, As, Zn, Bi, Te, Ti	Cr, Ni, Co, Pt, Pd, Mn, W, Sn, Mo, V, Se, S и др.	

Рис. 6. Классификация: А – самородного золота по пробности, Б – элементов-примесей в самородном золоте

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗОЛОТА

ПЕРВИЧНОГО

АУТИГЕННОГО «НОВОГО»



ЗЕРНИСТОЕ ДВОЙНИКОВОЕ

КОНТРАСТНО-ЗОНАЛЬНОЕ

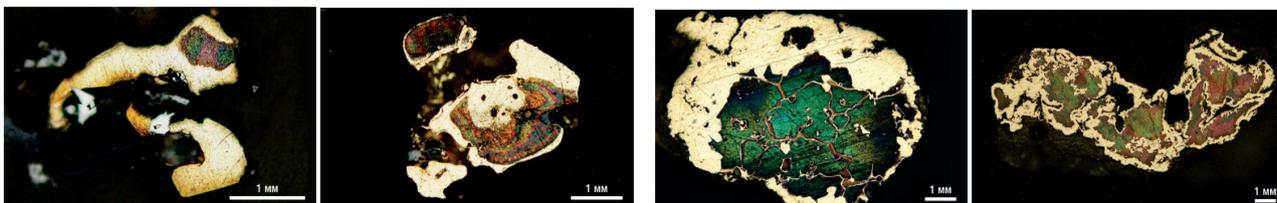
ГУБЧАТО-ПЕТЕЛЬЧАТОЕ

ЭМУЛЬСИОННО-ГУБЧАТОЕ

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТА

ЭНДОГЕННЫЕ

ГИПЕРГЕННЫЕ



РЕЛИКТ НИЗКОПРОБНОГО ЗОЛОТА
В ВЫСОКОПРОБНОМ РУДНОМ ЗОЛОТЕ

ВЫСОКОПРОБНАЯ КОРРОЗИОННАЯ КАЙМА И
МЕЖЗЕРНОВЫЕ ПРОЖИЛКИ
НА РОССЫПНОМ ЗОЛОТЕ НИЗКОЙ И СРЕДНЕЙ ПРОБНОСТИ

Рис. 7. Внутреннее строение самородного золота и его преобразование. Монтир. полир. шлиф, травление CrO₃ + HCl

механическими деформациями, возникающими при транспортировке золота. Пребывание золота в россыпях сопровождается разрастанием высокопробных межзерновых прожилков и коррозионной оболочки. Признаки перекристаллизации вновь образованной коррозионной оболочки свидетельствуют о чередовании периодов перемещения золота и длительного «пребывания в покое», что позволяет реконструировать историю формирования россыпей, оценить время их образования, дальность переноса золота, а также роль промежуточных коллекторов в питании россыпи.

Учитывая пожелания геологов-практиков, изданное пособие дополнено разделом «**Методы изучения самородного золота**». В нём последовательно и по единому плану изложены традиционные и современные аналитические методы изучения золота в полевых и лабораторных услови-

ях. Для определения химического состава золота использованы следующие виды анализов: пробирный, атомно-абсорбционный, количественный спектральный, рентгеноспектральный микроанализ, Оже-спектроскопия, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, в том числе в сочетании с лазерной абляцией, и др. Для аналитических методов указаны их точность, наборы исследуемых элементов, количество и качество необходимого материала. *Впервые детально описана методика многократного структурного травления золота для изучения его внутренне-го строения.*

В конце раздела предложена примерная форма таблицы для отражения полученных данных и их систематизации (рис. 8).

В разделе «**Использование типоморфных признаков самородного золота при геологоразведоч-**

				Класс крупности						
				Самородки, шт/г	+5	+1	+0,25	-0,25	Σ	
				г						
				%						100
Морфогенетические типы и виды	Сохранившиеся первичные формы	Правильные	кристаллы							
			сростки кристаллов							
			дендриты и дендритоиды							
		Неправильные	трещинно-прожилковые							
			цементационные							
	Утратившие первичные формы	Смешанные	лепешковидные							
			чешуйчатые							
			тороидальные							
			шаровидные							
			палочковидные							
Пояснения										
Типы поверхности	гладкая									
	губчатая и ячеистая									
	ямчато-бугорчатая									
	ступенчатая									
	шагреновая									
	уплотнённая									
Коррозия	отсутствует и зародышевая									
	умеренная									
	интенсивная									
Окатанность	неокатанное и слабо окатанное									
	полуокатанное									
	среднеокатанное									
	хорошо и идеально окатанное									
Уплотнённая	слабая (KV < 5)									
	средняя (KV 5–9)									
	значительная (KV > 9)									
Сростки и плёнки	без сростков и плёнок									
	кварц сливной									
	кварц кристаллический									
	окисленные рудные минералы									
	порода, глинистые минералы									
	плёнки железистые									
	плёнки вторичных сульфидов									
	плёнки аутигенного золота									
амальгамированное золото										

Рис. 8. Примерная форма таблицы с данными об особенностях самородного золота (фрагмент)

ных работах» рассмотрены направления и пути практического применения типоморфизма золота в сочетании с геологическими, геоморфологическими и минералогическими критериями прогнозирования и поисков золоторудных и золотороссыпных районов, полей и месторождений для решения различных прикладных задач.

Трудности получения материала и высокая информативность особенностей золота при анализе любого количества золотин, вплоть до единич-

ных зёрен, независимо от их массы, делают такие исследования целесообразными. По мере увеличения количества изученных частиц на разных стадиях работ повышается достоверность выявленных признаков.

Для удобства пользователей комплексы признаков самородного золота, использованные для решения разнообразных геологоразведочных задач, обобщены и собраны в отдельные таблицы. Пример показан на рис. 9.

Рудно-формационные типы месторождений	Признаки самородного золота*					
	Золотоносные минеральные ассоциации	Размеры	Пробность (‰)	Элементы-примеси	Формы	Внутреннее строение
Золото-кварцевый малосульфидный	Золото-кварцевая Сульфидно-полиметаллическая Пирит-арсениопиритовая с т/д** Au	Мелкое Тонкое Среднее <i>Пылевидное</i> <i>Самородки</i>	860-940 750-850 > 950 и < 700	Cu, Pb (0,000л-0,л%) Fe (0,000л-л%) As, Te, Hg (0,00л-0,л%) As > 1% Sb до 1% <i>Примеси Se, Pt, Ni, Sn, Mo, Mn</i>	Трещинные Гемидиоморфные Цементационные Искаженные кристаллы <i>Правильные кристаллы</i> <i>Двумерные дендриты</i> <i>Дендритоиды</i>	Разнозернистая среднезернистая структура агрегатов Однородное строение зёрен Пятнистая неоднородность Структура рекристаллизации агрегатов и зёрен <i>Диффузионные зоны</i> <i>Структуры грануляции, дезинтеграции, регенерации</i> <i>Неяснозональное строение</i> <i>Зоны трансляции</i>
Золото-полисульфидно-кварцевый	Полисульфидная Сульфидно-полиметаллическая с минералами Bi и Te Теллуридно-висмутовая Теллуридная Пирит-арсениопиритовая с т/д Au <i>Ассоциации со сложными сульфидами, сульфиданти-монитами, сульфидовисмутитами Pb, Si и др.</i> <i>Гематитовая Арсениопирит-кварцевая с минералами Bi</i>	Тонкое Мелкое <i>Пылевидное</i> <i>Самородки</i>	850-950 750-970 600-700	Cu (0,0л-л%) Fe (до 0,л%) Pb, Bi, As, Te, Co, Ni, Zn Bi > 1% <i>Cr, Mn, Hg, W, Ge, Pt</i>	Жилковидно-пластинчатые Гемидиоморфные Интерстициальные Комковидные <i>Проволоковидные кристаллы</i> <i>Дендриты</i> <i>Дендритоиды</i> <i>Хорошо ограниченные кристаллы</i>	Монозернистые индивиды Зернистые агрегаты Двойники Неясная зональность. <i>Интенсивные структуры перекристаллизации (грануляция и дезинтеграция, диффузионные зоны, регенерационные каймы, рекристаллизация, деформации зон)</i>
Золото-серебряный: А) теллуридный подтип: Б) серебро-сульфосольный подтип:	Полисульфидная Теллуридная Блеклорудная <i>Борнит-халькозиновая</i> <i>Теллур-висмутовая</i> Серебро-акантитовая Серебро-сульфосольная (с селенидами) Полисульфидная <i>Халькопирит-канфилдитовая</i> <i>Пирит-арсениопиритовая</i>	Тонкое <i>Пылевидное</i> Мелкое	800-900 700-800 400-700 < 400	Cu, Fe, Pb, Sb (0,00л-0,л%) Te <i>Pt, Ni, W, Mo, Bi, Cr</i> Se Hg <i>Cu (до 1%)</i> <i>Hg (> 1%)</i>	Жилковидно-пластинчатые Гемидиоморфные Каркасно-пластинчатые Искаженные кристаллы Ячеистые Губчатые <i>Проволоковидные кристаллы</i> <i>Дендриты</i> <i>Дендритоиды</i>	Монокристаллические индивиды Зернистые агрегаты Однородная структура Неясная зональность <i>Двойники</i> Гетерофазное строение Концентрическая зональность Фрагменты зональности <i>Структуры рекристаллизации, дезинтеграции, распада твёрдого раствора</i>

Примечание: * жирным шрифтом выделены главные, простым – второстепенные, курсивом – редко встречающиеся признаки;
** т/д Au – тонкодисперсное золото

Рис. 9. Комплексы типоморфных признаков самородного золота в золоторудных месторождениях основных рудно-формационных типов (фрагмент)

В сводной таблице показан круг основных вопросов, при изучении которых могут быть использованы признаки самородного золота.

В частности, прослеживание изменений таких характеристик золота, как минеральные ассоциации, средняя пробыность, элементы-примеси, вну-

треннее строение (срастания фаз, диффузионные зоны и др.), в вертикальном разрезе и по исследуемой площади позволяет решать вопросы зональности месторождений и оконтуривания обогащённых участков. Местоположение коренных источников и относительная дальность переноса

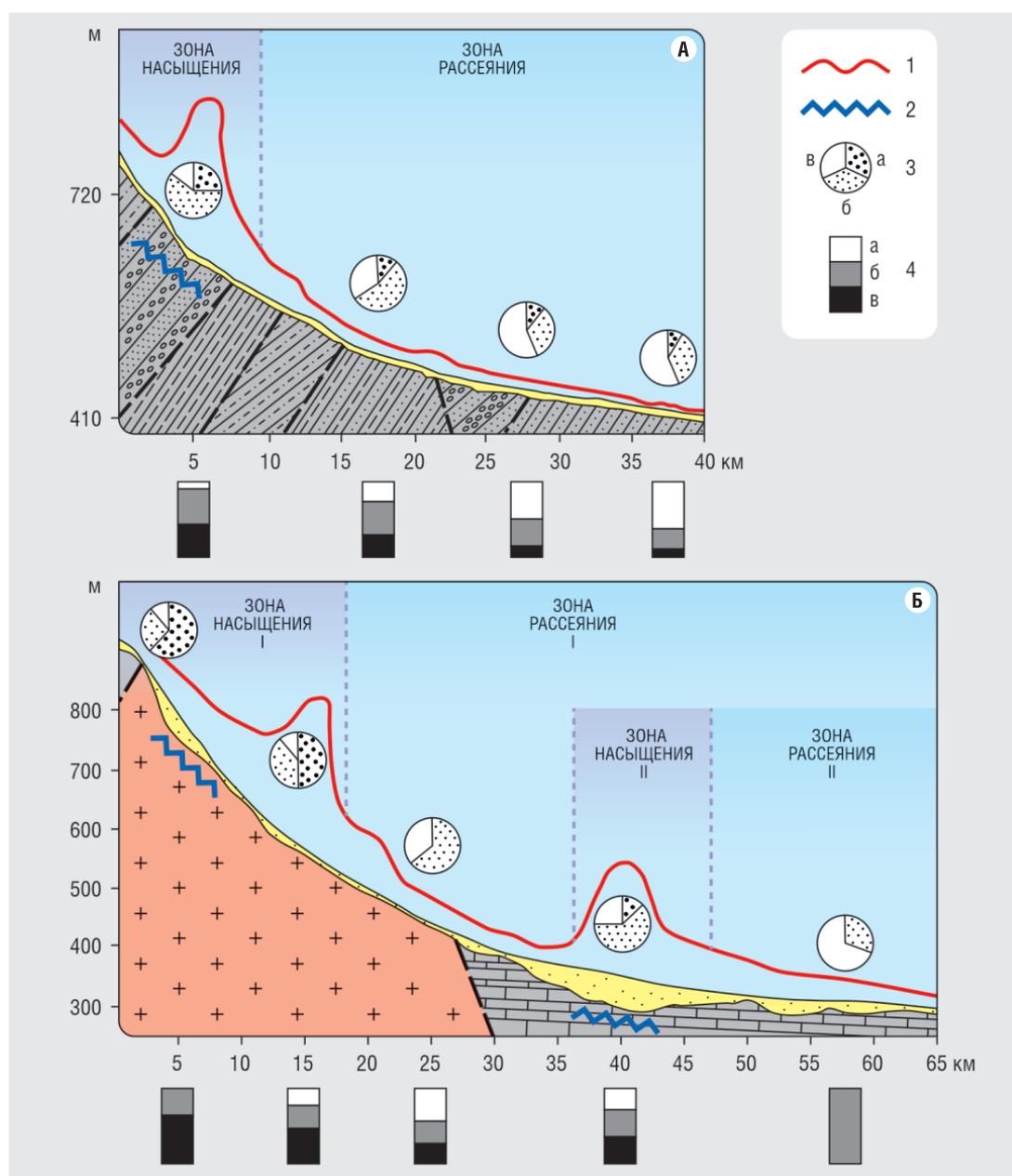


Рис. 10. Изменение типоморфных признаков золота по протяжению россыпи. А – с одним источником питания, Б – с двумя источниками питания:

1 – кривая насыщенности россыпи золотом; 2 – коренные источники; 3 – granulометрия золота: а – > 1 мм, б – 0,25–1 мм, в – < 0,25 мм; 4 – преобладающая окатанность золота: хорошая (а), средняя (б), слабая (в)

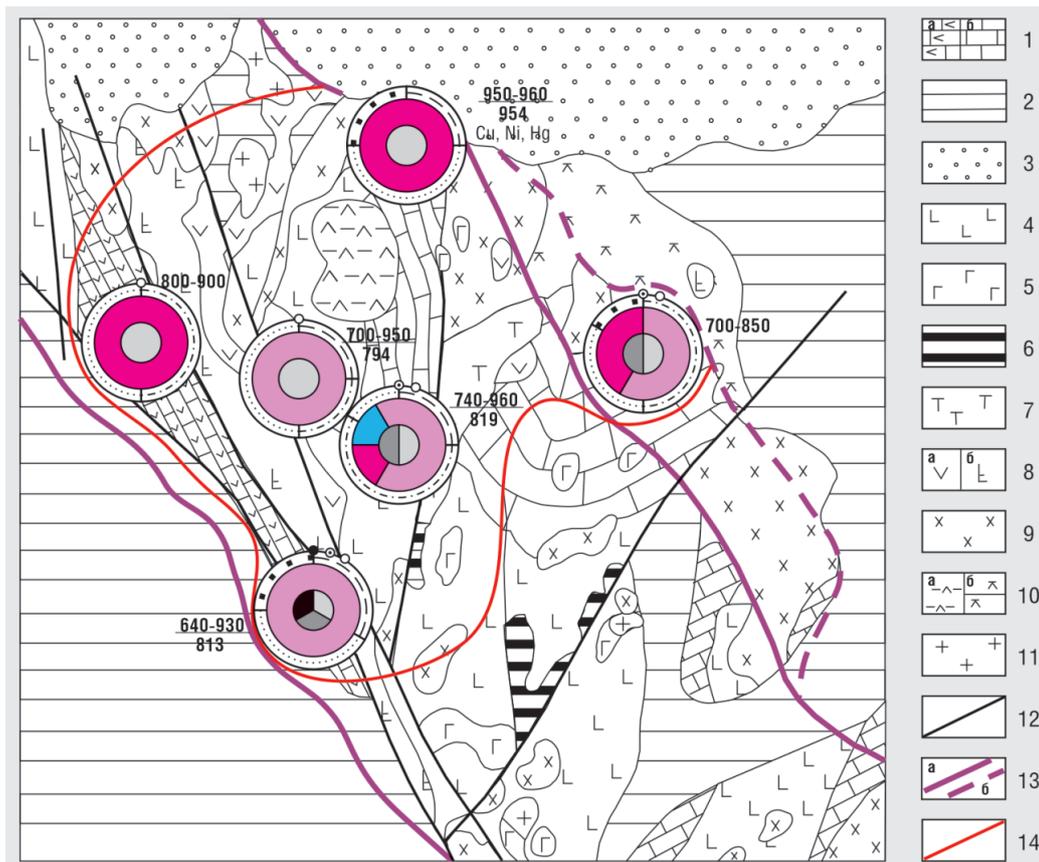


Рис. 11. Схематическая геологическая карта с данными по типоморфизму золота масштаба 1 : 500 000

1 – известняки (R_3-E_1) доломитизированные (а), мраморизованные (б); 2 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, каменные угли ($D_{1-2}-C_{1-2}$); 3 – конгломераты пески, глины, бурые угли (J-K); 4 – базальтовые порфириды (R_3-E_1); 5 – диабазы (R_3-E_1); 6 – серпентиниты ($V-E_1$); 7 – граносиениты (E_2); 8 – андезитовые (а), трахириолитовые (б) порфириды (E_2-S); 9 – гранодиориты (O-S); 10 – базальтовые порфириды (а), трахиты (б) (D_{1-2}); 11 – граниты (P-T); 12 – глубинные разломы; 13 – границы металлогенической зоны: установленные (а), прогнозируемые (б); 14 – рудно-россыпной район с преобладающим развитием золота, связанного с источниками золото-полисульфидно-кварцевой формации, и присутствием золота, связанного с прогнозируемым источником золото-серебряной формации; условные обозначения к диаграммам см. рис. 12

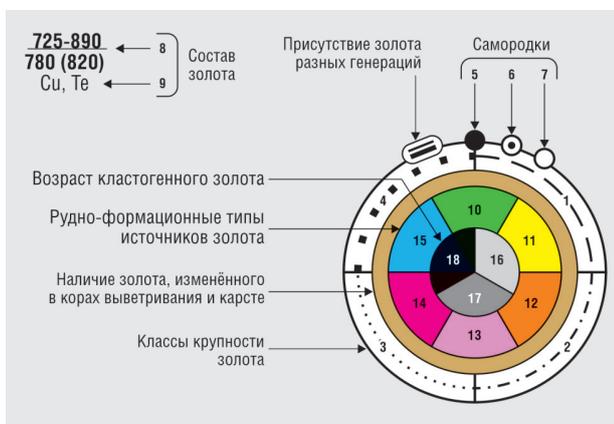


Рис. 12. Характеристика золота для специализированных на золото прогнозно-металлогенических карт масштаба 1 : 500 000–1 : 200 000:

Классы крупности кластогенного золота: 1 – $< 0,25$ мм, 2 – $0,25-1$ мм, 3 – $1-5$ мм, 4 – > 5 мм; **Самородки:** 5 – > 1 кг, 6 – $100-1000$ г, 7 – $5-10$ г; **Состав золота:** 8 – пробность золота, %, в числителе – вариации, в знаменателе – средняя, в скобках – преобладающая, 9 – региональные элементы-примеси в золоте; **Рудно-формационные типы источников золота:** 10 – золото-кварцевый малосульфидный, 11 – золото-мышьяковисто-сульфидный, 12 – золото-антимонит-кварцевый, 13 – золото-полисульфидно-кварцевый, 14 – золото-скарновый, 15 – золото-серебряный; **Возраст кластогенного золота:** 16 – среднеплейстоцен-голоценовый, 17 – плиоцен-нижнеплейстоценовый, 18 – доплиоценовый

россыпного золота устанавливаются по комплексу признаков преобразований формы, поверхности и структуры остаточного золота.

Наличие в шлиховых пробах гипергенного (вторичного) золота свидетельствует о значительной

роли (на изучаемой площади) золотого оруденения с тонкодисперсным золотом.

Присутствие в россыпях золота, различающегося по таким признакам, как гранулометрия, окатанность, уплощённость и т.д., позволяет пред-

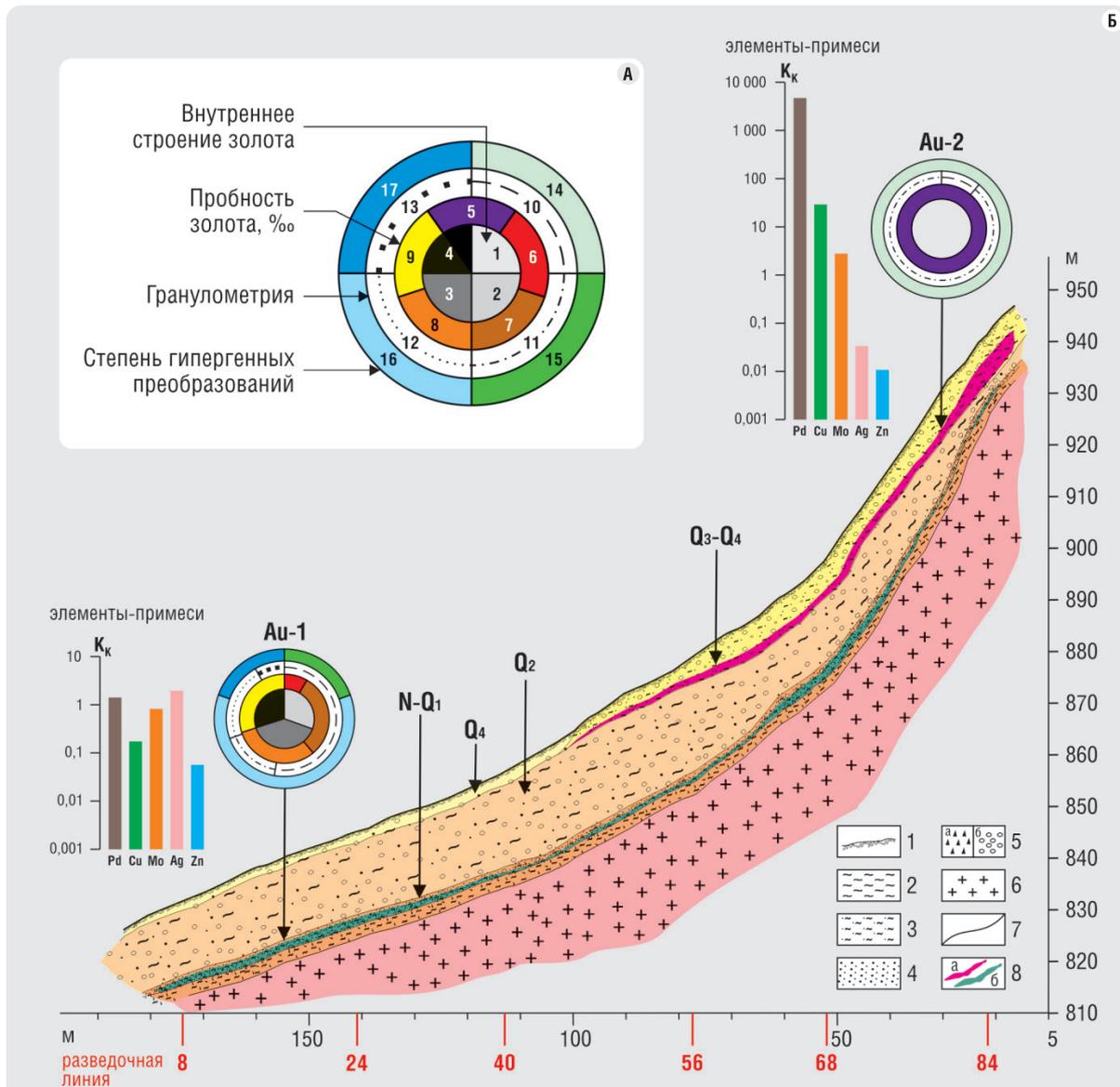


Рис. 13. Типоморфные признаки самородного золота на схематическом разрезе двухъярусной россыпи:

А – Типоморфизм золота. **Внутреннее строение золота:** 1 – зернистое двойниковое метаморфизованное, 2 – рекристаллизованное, неоднородное, крупнозернистое, 3 – многофазное зернисто-зональное, 4 – зональное; **Пробность золота (‰):** > 950 (5), 901–950 (6), 851–900 (7), 801–850 (8), < 800 (9); **Гранулометрия:** < 0,25 мм (10), 0,25–0,5 мм (11), 0,5–1 мм (12), > 1 мм (13); **Степень гипергенных преобразований:** 14 – отсутствует, 15 – слабая, 16 – умеренная, 17 – интенсивная. Б – Разрез двухъярусной россыпи. 1 – почвенно-растительный слой; 2–5 – песчано-гравийно-галечные отложения: 2 – глина, 3 – супесь и суглинок; 4 – песок и гравий, 5 – дресва (а), галька (б); 6 – гранитоиды шахтаминского комплекса (J_2); 7 – границы литологических разностей; 8 – контуры пласта: голоцен-позднечетвертичного (Q_3-Q_4) возраста (а), плиоцен-раннечетвертичного ($N-Q_1$) возраста (б)

полагать поступление части его из дополнительных источников и является благоприятным фактором для расширения площади поисковых работ (рис. 10).

Данные по типоморфизму золота, вынесенные на геолого-геоморфологические карты различного масштаба, уточняют направления геологоразведочных работ, позволяют выявить закономерности распространения золота различных рудно-формационных типов и способствуют расширению площадей их прогнозирования и поисков.

В «Методических рекомендациях...» представлены блоки легенд, показаны примеры карт и разрезов. Совокупность признаков самородного золота на них изображена в виде круговых диаграмм, содержащих как **конкретные** характеристики размеров, пробности, региональных примесей, так и **полученные выводы** о типах коренных источников и присутствии в россыпях разновозрастного кластогенного золота. Круговые диаграммы были использованы при составлении «Карты экзогенной золото- и платиноносности России» (1999), удостоенной в 2000 г. премии Правительства РФ.

В работе приведён фрагмент карты золотоносности с данными изучения самородного золота, анализ которой показывает, что в пределах известной металлогенической зоны с золото-полисульфидно-кварцевым оруденением установлено присутствие золота, связанного с источником золото-серебряного типа (рисунки 11, 12). Золото-

полисульфидно-кварцевое оруденение, судя по признакам самородного золота, распространено и за контурами этой зоны. Следовательно, металлогеническую специализацию территории следует уточнить, а площадь рудного района может быть увеличена за счёт корректировки контуров зоны.

Другой пример использования признаков золота продемонстрирован при анализе золотоносности многоярусной россыпи. В ней выявлены два резко различающихся типа россыпного золота, приуроченные к отложениям плиоцен-нижнечетвертичного и голоцен-верхнечетвертичного возраста, что отражает вертикальную рудную зональность коренного источника и позволяет предположить существование золотосодержащего медно-молибден-порфирирового оруденения в верховьях россыпи, подвергшегося длительной денудации (рис. 13).

«**Изучение самородного золота при геологоразведочных работах**» – это методические рекомендации исследования особенностей золота и их применения при обосновании, стандартизации и совершенствовании методов и технологий прогноза и поисков коренных и экзогенных месторождений на разных стадиях ГРР.

Книга согласована Роснедрами и предназначена служить справочным пособием при изучении типоморфизма золота и использовании комплекса его признаков для решения научно-прикладных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России* / Под ред. А. И. Кривцова 1-е изд. – М. : ЦНИГРИ, 2003; под ред. Михайлова Б. К. – 2-е изд. – М. : Акварель, 2015. – 200 с.
2. *Миляев С. А., Самосоров Г. Г., Яблокова С. В.* [и др.] Геохимические особенности самородного золота как прямые признаки рудно-формационной принадлежности проявлений рудного и россыпного золота // *Руды и металлы*. – 2020. – № 3. – С. 22–31.
3. *Некрасова А. Н., Николаева Л. А., Миляев С. А.* [и др.] Первые данные о распределении РЗЭ, Li, Rb, Cs, Sr, Ba в самородном золоте месторождений основных золотоносных провинций России // *Доклады РАН*. – 2010. – Т. 432, № 5. – С. 660–663.
4. *Николаева Л. А.* Методическое руководство по изучению самородного золота при геологоразведочных работах. – М. : ЦНИГРИ, 1985. – 24 с.
5. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н.* [и др.] Минералогические поисково-оценочные критерии и признаки золотых руд и россыпей на разных стадиях геологоразведочного процесса. – М. : ЦНИГРИ, 1990. – 24 с.
6. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н.* [и др.] Типоморфизм самородного золота : методические рекомендации для геологоразведочных работ / под ред. А. И. Кривцова, С. С. Вартапяна. – М. : ЦНИГРИ, 2003. – 70 с.

7. Николаева Л. А., Некрасова А. Н., Милыев С. А. [и др.] Геохимические особенности самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55, № 3. – С. 203–213.
8. Николаева Л. А., Яблокова С. В., Шатилова Л. В. [и др.] Изучение самородного золота при экспертно-криминалистических исследованиях : методическое руководство. – М. : ЦНИГРИ, 2002. – 34 с.
9. Петровская Н. В. Самородное золото. – М. : Наука, 1973. – 347 с.
10. Позднякова Н. Н. Типоморфизм золота россыпей Шахтаминского рудного района Восточного Забайкалья // Руды и металлы. – 2010. – № 4. – С. 20–26.
11. Экzogенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации : объяснительная записка к комплекту карт / Под ред. А. И. Кривцова. – М. : ЦНИГРИ, 1997. – 72 с.
12. Nikolaeva L. A. [et al.] Type chemistries of native gold from deposits of various styles // 34th international geological congress, Brisbane, 2012, Australia. – V. 4. – P. 105–109.

REFERENCES

1. Atlas samorodnogo zolota rudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy Rossii [Atlas of native gold of ore and placer deposits in Russia], ed. A. I. Krivtsov 1st izd, Moscow, TSNIGRI publ., 2003; ed. Mikhaylov B. K., 2nd, Moscow, Akvarel' publ., 2015, 200 p. (In Russ.)
2. Milyayev S. A., Samosorov G. G., Yablokova S. V. [et al.] Geokhimicheskiye osobennosti samorodnogo zolota kak pryamyye priznaki rudno-formatsionnoy prinadlezhnosti proyavleniy rudnogo i rossypnogo zolota [Geochemical features of native gold as direct signs of the ore formation of occurrences of ore and placer gold], Rudy i metally [Ores and Metals], 2020, No. 3, pp. 22–31. (In Russ.)
3. Nekrasova A. N., Nikolayeva L. A., Milyayev S. A. [et al.] Pervyye dannyye o raspredelenii RZE, Li, Rb, Ce, Sr, Ba v samorodnom zolote mestorozhdeniy osnovnykh zolotonosnykh provintsiy Rossii [First data on the distribution of rare earth elements, Li, Rb, Ce, Sr, Ba in native gold deposits of the main gold-bearing provinces of Russia], Doklady RAN, 2010, V. 432, No. 5, pp. 660–663. (In Russ.)
4. Nikolayeva L. A. Metodicheskoye rukovodstvo po izucheniyu samorodnogo zolota pri geologorazvedochnykh rabotakh [Methodological guide to the study of native gold during geological exploration], Moscow, TSNIGRI publ., 1985, 24 p. (In Russ.)
5. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. [et al.] Mineralogicheskiye poiskovo-otsenochnyye kriterii i priznaki zolotykh rud i rossypey na raznykh stadiyakh geologorazvedochnogo protsessa [Mineralogical prospecting and evaluation criteria and signs of gold ores and placers at different stages of the geological exploration process], Moscow, TSNIGRI publ., 1990, 24 p. (In Russ.)
6. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. [et al.] Tipomorfizm samorodnogo zolota: metodicheskiye rekomendatsii dlya geologorazvedochnykh rabot [Typomorphism of native gold: methodological recommendations for geological exploration], ed. A. I. Krivtsov, S. S. Vartanyan, Moscow, TSNIGRI publ., 2003, 70 p. (In Russ.)
7. Nikolayeva L. A., Nekrasova A. N., Milyayev S. A. [et al.] Geokhimicheskiye osobennosti samorodnogo zolota mestorozhdeniy razlichnykh rudno-formatsionnykh tipov [Geochemical features of native gold deposits of various ore formation types], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of ore deposits], 2013, V. 55, No. 3, pp. 203–213. (In Russ.)
8. Nikolayeva L. A., Yablokova S. V., Shatilova L. V. [et al.] Izucheniye samorodnogo zolota pri ekspertno-kriminalisticheskikh issledovaniyakh: metodicheskoye rukovodstvo [Study of native gold in forensic research: methodological guide], Moscow, TSNIGRI publ., 2002, 34 p. (In Russ.)
9. Petrovskaya N. V. Samorodnoye zoloto [Native gold], Moscow, Nauka publ., 1973, 347 p. (In Russ.)
10. Pozdnyakova N. N. Tipomorfizm zolota rossypey Shakhтаминского рудного rayona Vostochnogo Zabaykal'ya [Typomorphism of placer gold in the Shakh-taminskogo rудного rayona Vostochnogo Zabaykal'ya district of Eastern Transbaikalia], Rudy i metally [Ores and Metals], 2010, No. 4, pp. 20–26. (In Russ.)
11. Ekzogennaya zolotonosnost' i platinonosnost' Rossiyskoy Federatsii: ob'yasnitel'naya zapiska k komplektu kart [Exogenous gold and platinum content of the Russian Federation. Explanatory note to the set of maps], ed. A. I. Krivtsov, Moscow, TSNIGRI publ., 1997, 72 p. (In Russ.)
12. Nikolaeva L. A. [et al.] Type chemistries of native gold from deposits of various styles. 34th international geological congress, Brisbane, 2012, Australia, V. 4, pp. 105–109.

Статья поступила в редакцию 26.02.24; одобрена после рецензирования 05.03.24; принята к публикации 05.03.24.
The article was submitted 26.02.24; approved after reviewing 05.03.24; accepted for publication 05.03.24.

Геолого-генетическая модель, поисковые критерии и признаки месторождений литиеносного гидроминерального сырья

Рассмотрены гипотезы формирования высокоминерализованных редкометалльных вод и механизм накопления лития в гидроминеральном сырье. Приводятся различные подходы к условиям формирования как самих литиеносных вод, так и к возможным источникам поступления в них лития. Обобщены и сформулированы основные критерии поиска литиеносного гидроминерального сырья. Предложена предварительная геолого-генетическая модель накопления лития в гидроминеральном сырье.

Ключевые слова: литий, гидроминеральное сырьё, высокоминерализованные редкометалльные воды, гипотеза, формирование, поисковые критерии, геолого-генетическая модель.

МИХЕЕВА ЕКАТЕРИНА ДМИТРИЕВНА, ведущий специалист¹, mikheeva.ed@vims-geo.ru

КУЗЬМЕНКО ПЁТР СЕРГЕЕВИЧ, специалист¹, kuzmenko@vims-geo.ru

КЛЮЧАРЕВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ, начальник отдела², sacsaul@gmail.com

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»), г. Москва

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов» (ФГБУ «ИМГРЭ»), г. Москва

A geological-genetic model and the prospecting criteria and guides offields of lithium-bearing hydromineral raw materials

E. D. MIKHEEVA¹, P. S. KUZMENKO¹, D. S. KLYUCHAREV²

¹ Federal State Budgetary Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Mineral Raw Materials named after N. M. Fedorovsky» (FSBI «VIMS»), Moscow

² Federal State Budgetary Institution «Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements» (FSBI «IMGRE»), Moscow

Various models of formation of highly mineralized rare metal-bearing waters, possible sources of their contained lithium, and mechanisms of its accumulation in the hydromineral raw materials are considered. The main criteria of searching for the lithium-bearing hydromineral raw materials are generalized and formulated. A preliminary geological-genetic model is proposed for the lithium accumulation in the hydromineral raw materials.

Key words: lithium, hydromineral raw materials, highly mineralized rare metal-bearing waters, lithium-bearing brines, hypothesis, formation, prospecting criteria, geological-genetic model.

Гидроминеральное сырьё (далее – ГМС) является источником таких элементов, как литий, рубидий, стронций, цезий, бром и бор. Кроме того, ГМС практически всегда сопровождает углеводородные месторождения.

В рамках исследования условий накопления лития в гидроминеральном сырье были учтены основные (в том числе и смежные) теории и гипотезы образования высокоминерализованных редкометалльных вод, залежей солей, углеводородов.

Краткий обзор гипотез формирования литиеносного ГМС. К настоящему времени применительно к гидроминеральному сырью модели его образования можно разделить на две группы («классы»): экзогенные и эндогенные.

Процессы экзогенного формирования глубоко-залегающих высокоминерализованных подземных вод, в свою очередь, описываются следующими моделями:

- определяемыми физическими свойствами расолов – седиментационной, подземного испарения

и выщелачивания, гравитационной дифференциации;

- определяемыми химическими свойствами рассолов и растворённых соединений – осмотической, трансляционной.

Собственно, *седиментационная* гипотеза формирования подземных вод предложена в начале двадцатого века (1902–1908 гг.) Н. И. Андрусовым, Г. Гефером и А. Ч. Лейном, которые пришли к ней независимо друг от друга.

Позже В. И. Вернадский [1] отмечал, что воды зародились из тех подземных вод, которые остались в осадочных породах при их образовании, а также при диагенезе морских илов и растворении каменной соли. В этой же работе В. И. Вернадский писал: «В подцарстве пластовых вод стратисферы различимы сейчас три семейства – пластовые воды, пластовые воды нефтяных месторождений, метаморфизованные воды стратисферы».

К седиментационной гипотезе относится и теория галогенеза, предусматривающая наличие погребённых солеродных бассейнов.

Гипотеза *подземного испарения* вод под воздействием эндогенного тепла, а также гидратации солей была озвучена А. В. Сулиным.

Е. В. Пиннекер [8] писал о том, что преобразование первичных рассолов выщелачивания происходило под влиянием факторов катионного обмена и восстановительных процессов.

Гипотеза *гравитационной дифференциации и осаждения ионов*, предложенная К. В. Филатовым, предполагает сохранение вод в глубинных слоях благодаря более высокому удельному весу (1,2–1,3 кг/дм³). В процессе гравитационной дифференциации на большую глубину опускаются те анионы, которые обладают большей ионной плотностью и меньшими размерами радиуса.

Осмотическая гипотеза озвучена Н. П. Палеем и сводится к тому, что движение вод по горным породам можно приравнять к движению вод по коллоидальным полупроницаемым мембранам. При этом процессе происходит повышение концентрации различных элементов в ГМС.

Трансляционная гипотеза, рассматриваемая С. Я. Самойловым, предполагает, что вертикальная гидрохимическая зональность объясняется скачкообразным (трансляционным) движением ионов и молекул воды, зависящим от энергии активации, необходимой для преодоления притяжения смежных частиц в зависимости от глубины залегания подземных вод.

Общим свойством отмеченных экзогенных гипотез является участие в процессе внешней (атмосферной, поверхностной) воды как растворителя и переносчика растворённых солей.

Иная картина наблюдается в «классе» эндогенных гипотез образования рассолов. Если для экзогенного «класса» поступление солей в раствор связывается с процессами выветривания и растворения горных пород, то предполагаемыми источниками солей в эндогенном «классе» служат магматические породы и магматогенные литиевые растворы.

Применительно к литию цепочку формирования, перехода и миграции – «генетический ряд» (от глубинного к поверхностному и от раннего к позднему) – можно построить следующим образом: мантия – рудно-магматические и флюидные системы – соли, расплавы и рассолы.

Литиевые металлогенические провинции на глубинных уровнях земной коры представляют собой автономные очаговые ареалы, для которых предполагается связь с мантийно-коровым магматизмом и сдвигово-раздвиговыми деформациями литосферы, дренирующими весь разрез земной коры вплоть до верхней мантии. Формирование гидроминеральных месторождений лития, вероятнее всего, обусловлено привнесением Li_2O из мантии в составе контрастных субщелочных рудно-магматических систем (через гидротермы и травертины на дневную поверхность) [9].

Власов Г. М. в своей статье писал: «Большое внимание уделяется явлению дегазации вещества мантии Земли, восстановленным продуктам этой дегазации, развитию представлений о мантийной флюидной системе. Не меньшего внимания заслуживает коровая флюидная система с водными окисленными соединениями, выраженная тремя гидрохимическими зонами: наиболее *глубинной* – *хлоридной*, средней по глубинности – *сульфатной* и приповерхностной – *углекислой*» [2].

Соколов С. В. говорит о том, что обогащение магм флюидами способствует появлению солевых расплавов, составы которых во многом определяются химическими особенностями воздействующих флюидов. Флюидизированные магмы претерпевают расслоение с образованием различных силикатно-флюидно-солевых расплавов – щёлочно-фторидных, щёлочно-сульфатных, щёлочно-фосфатных, щёлочно-хлоридных и, пожалуй, более часто встречающихся обогащённых кальцием (\pm магнием) карбонатных. Результаты

многочисленных экспериментов свидетельствуют о перераспределении редких и рудных элементов в обогащённые хлором флюидно-магматические системы. Например, зафиксировано сосуществование окислого алюмосиликатного расплава с отделившимися хлоридсодержащим водным раствором и солевой высокохлоридной жидкой фазой [10].

Андреева И. А. в своём докладе озвучила то, что важным фактом изучения расплавных включений во вкрапленниках пантеллеритов Дзарга-Худукского комплекса стало обнаружение наряду с силикатными расплавами обогащённых Li фторидных расплавов. Это позволило доказать принципиальную возможность возникновения солевых расплавов, в значительной степени экстрагирующих Li, на заключительных стадиях дифференциации щелочных магм. Закономерности эволюции расплавов бимодальных ассоциаций Хархоринской рифтовой зоны (Центральная Монголия), близость возраста и состава пород последних позволяют предположить сходный для них механизм формирования, предполагающий накопление многих редких и редкоземельных элементов, а также летучих компонентов (F, H₂O) в процессе кристаллизационной дифференциации. Высокий потенциал щелочей, а также летучих компонентов (F и H₂O) в расплавах способствовали значительному концентрированию в них редких элементов. На поздних стадиях эволюции комендитовых и пантеллеритовых магм происходило отделение солевого фторидного расплава с высокими содержаниями Li [10].

Созанский В. И. предполагал, что высокоминерализованные воды возникали в верхней мантии в тех объёмах астеносферы, где выплавляется базальтовая магма. Горячие, насыщенные хлоридами рассолы поступали на поверхность, также как и базальты, по глубинным разломам. Рассолы накапливались во впадинах рельефа. При их охлаждении выделялся галит.

Когарко Л. Н. и Рябчиков И. Д. рассматривали поведение воды, фтора, хлора и углекислоты при дифференциации магмы. Обобщение экспериментальных данных привело исследователей к выводам о невысоком содержании воды в базальтовых магмах и о том, что «летучие компоненты выносились на поверхность Земли будучи растворёнными в магматических расплавах и их отделение происходило в самых верхних зонах земной коры». При продвижении магмы через обводнённые породы земной коры вода интенсивно поглощает

ся и выделяется при остывании базальтовой магмы или продуктов её коровой дифференциации. Возникшие хлоридные рассолы в земной коре легко образуют комплексные соединения с рассеянными металлами магмы или пород, по которым они перемещаются [7].

Баранов И. Г. предполагает проникновение в солеродные бассейны газообразных продуктов вулканизма. Он пишет: «По подсчётам, количество газообразных продуктов, выделяемых вулканами, настолько велико, что оно соизмеримо со всеми твёрдыми вулканическими образованиями, которые выносятся на земную поверхность. Естественно, что в результате колоссальных выбросов газа за счёт дегазации глубинных зон или верхней мантии Земли сильно повышалась концентрация солей в солеродных водоёмах. Характерна приуроченность почти всех соленосных провинций земного шара к зонам глубинных разломов, по которым осуществлялась интенсивная вулканическая деятельность. В период накопления соленосных формаций почти всюду происходили изменения базальтов и диабазов». Впадины рифтовых зон связаны с грабенами на сводах антиклинальных структур, и в этих условиях соленакопление и вулканизм могут осуществляться одновременно.

Калинко М. К. полагал, что соленакопление происходит как в периоды интенсивной вулканической деятельности, так и непосредственно после них. Солевой состав солеродных водоёмов формируется не только за счёт хлора, непосредственно поступавшего в водоём, а в значительно большей степени за счёт продуктов выветривания вулканогенных пород, подвергшихся воздействию хлора.

Ворон Е. Е. считал, что основным источником элементов, входящих в состав галогенных формаций, вероятнее всего, служили магматогенные летучие, а также газы и флюиды, образующиеся при метаморфизации осадочных пород, вмещающих глубинные магматические тела типа батолитов.

В работе американских исследователей предполагалось, что источник Li возникает в результате изменения вулканических пород гидротермальными флюидами и (или) в результате прямого поступления из дифференцированных магматических источников [11].

Китайскими геологами проведены гидрохимические исследования по ста пятидесяти пяти нефтяным скважинам, вскрывающим отложения

от эоцена до нижнего олигоцена. Обогащение Li рассолов Цяньцзяна, вероятно, связано с геотермальными источниками, в свою очередь связанными с вулканической деятельностью.

В 1960-х гг. *Порфирьев В. Б. и Кудрявцев Н. А.* – крупные специалисты в области нефтяной геологии и сторонники глубинного (мантийного) происхождения нефти – утверждали, что пространственные совпадения нефтяных месторождений с соленосными сериями отражают генетическую связь. Другими словами, рассолы (как вода, так и соли), на базе которых были созданы соляные породы, имеют глубинное, точнее мантийное, происхождение.

Порфирьев В. Б. писал: «Никакие выпаривающиеся бассейны не в состоянии дать такой массы солей. И единственное объяснение – это длительный привнос соли в аккумулярующие бассейны в форме богатых рассолов, поступавших по глубинным разломам».

Несколько позже *Порфирьев В. Б.* начал развивать представления о выносе из больших глубин по разломам готовых соляных масс, внедрявшихся под колоссальным давлением не только в бассейны, но и непосредственно в осадочный чехол, образуя при этом диапировые структуры.

Кудрявцев Н. А. в ряде своих работ подчёркивал, что связь между нефтью и солями не только пространственная, но и генетическая. «Поскольку эндогенное происхождение нефти уже давно доказано, то естественно, что и ископаемые соли надо связывать с глубокими недрами. Соляные рассолы из недр поступают в земную кору по глубинным разломам». Он также отрицал связь галогенеза с климатом и был уверен, что соляные породы образуются на глубине в толще земной коры за счёт поднимающихся «горячих пересыщенных» хлоридных рассолов, которые из трещин проникали по плоскостям наложения и выделяли соли в связи с понижением температуры. Слоистость соли «может быть объяснена периодическим поступлением рассолов с глубины или незначительным изменением в их составе». Позже он предположил и широкое проявление метасоматоза по глинисто-карбонатным и карбонатным породам. Карбонаты замещаются ангидритом, а последний – галитом.

К известным месторождениям нефтепромысловых рассолов относятся: юрская формация Смаковер в бассейне побережья Мексиканского залива, район Фокс Крик (бассейн Альберта, Канада),

а также палеогеновые и неогеновые формации в западной части бассейна Кайдам в Китае [12].

Отдельно стоит отметить гипотезу о планетарной «гидрохлоросфере» *Дерпгольца В. Ф.* Согласно этой гипотезе, гидрохлоросфера – часть гидросферы, имеющая свои пространственно-геохимические особенности, охватывающая все природные минерализованные воды и имеющая первичный генезис. Характерной чертой гидрохлоросферы является её существование во всём диапазоне глубин (до верхней мантии включительно), температур и давлений.

Крайнов С. Р. с соавторами рассматривал воды в надкритическом состоянии, которые залегают на больших глубинах (5–10 км) и существуют при температуре выше критической точки воды (374 °С, 22,5 МПа). Высказана гипотеза глобального флюидного дыхания мантии в виде автономного потока летучих, поставляющего в земную кору водно-углекислый флюид [4].

Коржинский Д. С. писал о потоке сквозьмагматических флюидов, которые образуются при кристаллизации магм, при термо- и динамометаморфизме. Это могут быть минерализованные, богатые металлами растворы, участвующие в гидротермальном рудообразовании.

Зайцев И. К. считал, что глубина распространения жидких вод в большинстве структур ориентировочно варьирует в пределах 8–20 км, а глубже распространены преимущественно газопаровые флюиды.

По мнению *Костенко Л. М.*, редкие щелочные металлы имеют глубинное происхождение и выводятся из глубин в пластовые воды по долгоживущим разломам в виде возгонов, конвективными токами и диффузией. Для накопления и сохранения высоких концентраций редких щелочных металлов в водах необходим надёжный перекрывающий водоупор. Максимальная концентрация редких щелочных элементов в водах сосредоточена на границе переходной осадочной толщи с кристаллическим основанием. Связь между содержанием редких щелочных металлов в водах и литологией водовмещающих пород не установлена.

Гирич Ю. П. и др. изучали распределение редких и рассеянных элементов в осадках ранне-среднеплейстоценового бассейна Кавказской геосинклинали. Исследователи предположили, что литий накапливается в глинистых минералах в континентальных условиях за счёт сорбции его при

выветривании первичных руд. Концентрация лития в водах происходит при выходе металла из кристаллических решёток метаморфизованных глинистых минералов (монтмориллонитов).

Важную роль в формировании повышенных концентраций редких металлов в подземных водах играют растворённые газы. В.И. Вернадский особое значение придавал углекислоте, кислороду, азоту, сере [1].

Соколов В.Д. указывал на связь между нефтью, в которой присутствовали вулканические газы (углекислота, сероводород), и различными вулканогенными минералами (галит, гипс, сера).

Кост Е. писал, что во всех без исключения нефтеносных районах наблюдается одна и та же ассоциация, в основном соль, сера и углеводороды (это верно лишь для некоторых соляных куполов), а в более поздней статье добавил в ассоциацию также горячие карбонатные и кремнистые воды.

Кудрявцев Н.А. в своей книге писал: «Более широко, чем нефть и твёрдые битумы, распространены в кристаллических породах, а также фундаменте древних плит углеводородные газы. Такие газы встречаются не только в рудниках, разрабатываемых месторождения тяжёлых металлов различного, преимущественно гидротермального, происхождения, но и в алмазонасных кимберлитовых трубках» [5].

Исследования *Маринова Н.А.* на Азиатском и Африканском континентах привели его к выводу, что вертикальная гидрохимическая зональность является планетарной закономерностью. Она характерна не только для артезианских бассейнов платформ, но и для трещинных вод щитов, складчатых областей, в которых на глубине также обнаружены хлоридные рассолы, как и при бурении Кольской сверхглубокой скважины. В зоне регионального стока основная масса подземной воды образуется под влиянием экзогенного водообмена, а формирование подземных вод в нижних зонах носит явно эндогенный характер [3].

Следует отметить, что в Кольской сверхглубокой скважине исследована насыщенная флюидами зона разуплотнения на глубинах от 5 до 10 км, в которой происходил постоянный приток воды. Во вмещающих породах был обнаружен диоксид углерода (в большей степени в нижней части разреза), углеводороды и азот (в верхней части разреза). Ниже глубины 7500 м выявлена зона с высоким давлением и наличием высокоминерализованных вод [3].

Геолого-генетическая модель, прогнозно-поисковые критерии и признаки литиеносного ГМС.

В общем виде все гипотезы накопления лития в ГМС авторы данной статьи сводят к двум укрупнённым моделям, которые объясняют и источник самого металла – экзогенный и эндогенный.

Согласно экзогенной модели литий поступал из рудных месторождений и переотлагался в морских или континентальных галогенно-эвапоритовых формациях (салары и палеосалары). Далее происходило захоронение продуктов испарения под более молодыми осадками. После чего вступают в силу процессы вторичной концентрации лития с процессами метаморфизации подземных вод и выщелачивания вмещающих пород, где литий переносится и осаждается на геохимических и сорбционных барьерах [6].

Экзогенная модель характеризуется следующими критериями и признаками:

- ареал распространения галогенных (эвапоритовых) формаций, рассматриваемых как палеосалары, который является областью первичного накопления рассеянных, летучих и щёлочноземельных элементов;
- наличие лагун морского типа и аридного климата;
- литиеносные горизонты тяготеют к фациальной границе двух мелководно-морских зон: шельфовой с переменной солёностью и зоной повышенной солёности на сульфатном барьере;
- повышенные концентрации лития, располагающиеся на определённых стратоевровнях (нижний кембрий – Восточно-Сибирская гидроминеральная провинция (далее – ГМП); пермская и девонская система – Оренбургская ГМП; карбонпермь – Тимано-Печорская ГМП; юрская система – Западно-Сибирская, Предкавказская, Крымская ГМП);
- наличие поля развития основных силлов, контролирующих размещение сульфатного барьера и оказывающих влияние на образование гекторита;
- образование поднятий (в т.ч. палео), контролирующих выщелачивание из галогенных формаций, или, наоборот, прогибов, сохраняющих в «запечатанном» виде галогенные формации.

Эндогенное происхождение подземных высокоминерализованных вод предполагалось Дерпгольцем В.Ф., Виноградовым А.П., Коржинским Д.С. и другими исследователями. Согласно данной модели, летучие (хлор, бром, йод и др.) поднимаются из мантии через породы, слагающие фундамент



Рис. Предварительная схема формирования литиеносного ГМС

бассейнов, и вследствие диффузионной дифференциации задерживаются, а вода уходит выше.

Установлено, что зоны, вмещающие литиеносные рассолы, тяготеют к границе фундамента платформ и осадочного чехла на участках пересечения глубинных разломов или на крыльях валов.

Эндогенная модель характеризуется следующими признаками:

- наличием региональных и локальных водоупоров (терригенный, галогенный тип);
- наличием зон пересечения разломов в фундаменте;
- привносом рассеянных элементов из глубинных зон (мантий?);
- наличием повышенных концентраций лития в породах фундамента;
- наличием областей затрудненного водообмена;
- наличием силлов и траппов в соляных толщах.

На основе анализа приведённой выше информации авторами составлена предварительная схема формирования литиеносного ГМС (см. рисунок). Модель предполагает привнос рассеянных элементов по зонам глубинных разломов фундамента платформы, их накопление и сохранение под региональными и локальными водоупорами в зонах затруднённого водообмена. Прогнозно-поисковые критерии и признаки литиеносного гидроминерального сырья обобщены в таблице.

Выводы. Изложенные в статье материалы, по мнению авторов, позволяют пересмотреть представления о галогенном генезисе ГМС и предложить модель полигенно-полихронного концентрирования лития с участием эндогенных источников вещества. Вопрос об источниках лития в ГМС требует дальнейшего изучения.

Отмечена приуроченность времени формирования соленосных толщ к вулканически активным периодам в истории развития земной коры и районам, расположенным вблизи центров тектономагматической активности. При этом не исключается гипотеза привноса лития по разломным зонам после формирования осадочного чехла.

Предполагается генетическая связь между пегматитами, гекторитами и литиеносным ГМС. Гекториты служат продуктом распада пегматитов и могут повторно подвергаться промыву и выходу лития в раствор, при этом глубокозалегающие редкометалльные воды могут насыщаться литием за счёт пород фундамента.

На дневной поверхности литиевые провинции представлены саларами и высокоминерализованными озёрами, образующимися за счёт кислотного выщелачивания вулканических пород, имеющих мантийно-коровое происхождение. Поступление высококонцентрированных хлоркальциевых рассолов происходило в солеродные водоёмы из глубоких зон застойного режима или магматических очагов.

Соленаккумуляция происходит в рифтовых зонах одновременно с проявлениями вулканизма. В ряде мест континентального соленаккумуляции в районах развития вулканогенных пород в накоплении солей участвуют и продукты выветривания.

Установлена пространственная связь месторождений нефти и газа с объектами ГМС.

Взаимодействие вод с эвапоритами не является универсальным решением проблемы происхождения подземных рассолов. Солёные воды известны в бассейнах, где отсутствуют эвапориты (Тарумовская площадь в Дагестане), и, кроме того, литий может отсутствовать в подземных водах при наличии галогенных формаций.

Зарубежные исследователи в большинстве публикаций связывают повышенные содержания лития в подземных и поверхностных водах с пластовыми залежами эффузивов (преимущественно базальтов), туфов, туффитов, а не только с соляными отложениями. Местами вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы, среди которых находятся соляные залежи, метаморфизованы и замещены гидрослюдами, хлоритом, монтмориллонитом и другими вторичными минералами.

Исследование процессов накопления лития в гидроминеральном сырье необходимо продолжать.

Таблица. Прогнозно-поисковые критерии и признаки литиеносного гидроминерального сырья

Металлогенические зоны				
Формационный критерий	Структурный критерий	Палеогеографический критерий	Тектонический критерий	Стратиграфический критерий
Наличие галогенных формаций (палеосаларов или эвапоритов). Сибирская платформа, Хаганский прогиб и Вилуйская синеклиза, Московская синеклиза, Днепровско-Донецкая впадина, Предуральский прогиб, Прикаспийская синеклиза, Предкавказье	Зоны, вмещающие литиеносные рассолы, тяготеют к границе фундамента платформ и осадочного чехла	Близость древних эндогенных рудных месторождений, проявлений, горных систем, сложенных специализированными на РЭ горными породами в обрамлении бассейна палеосалара	Завершающие этапы эпох тектономагматических активизаций. Наибольшие содержания Li отменяются в рассолах, приуроченных к активизированным участкам платформ. По мере увеличения степени активизации растёт содержание Li в рассолах солеродных бассейнов	Наибольшие концентрации Li характерны для кембрийских, нижнепермских и юрских отложений, в меньшей степени – девонских (Западная Сибирь – полупутные воды)

Рудные районы					
Формационный критерий	Структурный критерий	Палеогеографический и палеотектонический критерий	Магматический критерий	Минералогический критерий	Геохимический критерий
В перспективных зонах литиеносны только рассолы, вмещающие толщи которых залегают под/между/внутри соленосных толщ. Вмещающие формации: карбонатно-терригенная, гекторитовая, карбонатно-галогенная и терригенная	Повышенные концентрации Li тяготеют к инверсионным структурам в платформенных впадинах и краевых прогибах, к зоне сочленения авлакогена со складчатой структурой, к узлам пересечения субширотных разломов с меридиональными зонами, к крупным надвигам и валлооб-разным поднятиям	1. Наличие лагун морского типа и аридного климата или межторных бессточных впадин континентального типа. 2. Зоны развития карста, как экзогенного, так и внутрисоляного, свидетельствуют о процессах переноса и перераспределения вещества внутри осадочных комплексов	Зоны развития вулканизма, туфопо-пепловые породы, продуктом преобразования которых могут быть глинистые отложения, сорбирующие литий. Эти породы также могут служить первичным источником лития (туфы триасового возраста на северном Кавказе, туфы Аkitканского хребта и т. д.)	Li подтвержен сорбции глинистыми частицами терригенных осадков, несущими отрицательный заряд. Особенно легко они входят в межпакетные пространства минералов гидрослюда-монтмориллонитовой группы, обладающих наиболее высокими адсорбционными свойствами. В результате этого происходит образование литиеносного минерала – гекторита	1. Концентрирование подсолевых и межсолевых рассолов. Последовательность: Cl-Na-Ca-Cl-Ca-Na-Cl-Ca-Mg-Cl-Ca. Основной концентрирующий катион Ca и Mg доминирует на последних стадиях стужения. 2. Концентрирование внутрисолевых рассолов. Последовательность: Cl-Na-Mg-Cl-Mg-Na-Cl-Mg-Cl-Mg-Ca-Cl-Ca-Mg

Рудные поля					
Структурный критерий	Палеофациальный и палеотектонический критерий	Метаморфический критерий	Структурно-тектонический критерий	Геохимический критерий	Стратиграфический критерий
<p>1. Наиболее высокие концентрации Li наблюдаются в антиклинальных поднятиях с наиболее высокой амплитудой, в локальных структурах концентрация последовательно растёт по восставанию пласта, достигая максимума в сводовой части под газовой залежью.</p> <p>2. Наличие проницаемых зон – разломов, зон трещиноватости, плоскостей сместителя надвигов, карстовых или пористых коллекторов, необходимых для нахождения в них рассолов.</p> <p>3. Наличие мощного регионального или локального водоупора (глины, соли)</p>	<p>Проявлены для литиносных горизонтов, которые тяготеют к фациальной границе зон мелководно-морской шельфовой переменной солёности и мелководно-морской повышенной солёности на сульфатном барьере</p>	<p>Продолжительность формирования солеродного бассейна отражается в степени концентрирования рассолов и РЭ в них. В зонах замедленного водообмена концентрации лития и других микрокомпонентов выше. Взаимодействие рассолов с вмещающими породами обеспечивает высокие концентрации лития и рубидия, которые невозможно получить при испарительном концентрировании морской воды</p>	<p>Приуроченность к зонам глубинных разломов, проявленных в фундаменте и осадочном чехле, их опережающим системам, узлам пересечения, которые обуславливают блоковое строение фундамента и предопределяют расположение локальных фациальных зон, зон трещиноватости и зон развития карста</p>	<p>Наличие геохимических барьеров. Граница основных силлов на Сибирской платформе контролирует размещение сульфатного барьера и оказывает влияние на образование гекторита. Границы фациальных зон могут являться геохимическим барьером</p>	<p>Приуроченность зон повышенных концентраций лития к стратиграфическим, определяемым перерывами в осадконакоплении и миграцией соляного бассейна, перемычками и переотложениями солеродных толщ</p>
Месторождение					
Формационный признак	Структурный признак	Геотермический (Термодинамический) признак	Прямые признаки		
<p>Вмещающая толща растворов залегает непосредственно под отложениями, вмещающими углеводородные залежи. Наиболее высокие содержания Li отмечаются в рассолах под газовыми залежами</p>	<p>Наличие зон аномально высокого пластового давления АВПД, которые приурочены к всящему крылу надвига – аллохтону, чешуйчатому вееру, реже – к собственно осевой части соляного вала, т. е. фронтальной зоне надвига</p>	<p>Повышенные концентрации лития в рассолах отмечаются в высокотемпературных зонах солёных бассейнов и палеосаларов, где формируются газоконденсатные залежи. Наличие аномалий геотермического градиента, определённого близостью магматического очага</p>	<p>Наличие повышенных концентраций лития в водах от 50 мг/л и наличие больших дебитов от 700 м³/сут. Наличие пониженного рН (1–5) и повышенного содержания CO₂</p>		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вернадский В. И.* История минералов земной коры. – Т. 2 «История природных вод». Ч. 1. Вып. I–II. – Л. : ОНТИ ХИМТЕОРЕТ, 1936.
2. *Власов Г. М.* Флюидное «дыхание» земли и стратиформное оруденение // Тихоокеанская геология. – 1986. – № 5.
3. *Кольская сверхглубокая* : Исследование глубинного строения континентальной коры с помощью бурения Кольской сверхглубокой скважины / Гл. ред. Е. А. Козловский. – М. : Недра, 1984. – 490 с.
4. *Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швец В. М.* Геохимия подземных вод. Теоретические, природные и экологические аспекты / Отв. ред. академик Н. П. Лавров. – М. : Наука, 2004. – 677 с.
5. *Кудрявцев Н. А.* Генезис нефти и газа. – Л. : Недра, 1973. – 216 с.
6. *Кузьменко П. С., Чмерев В. С., Михеева Е. Д.* Условия формирования и закономерности размещения литиеносных рассолов на территории РФ // Разведка и охрана недр. – 2023. – № 7. – С. 33–46.
7. *Основные проблемы соленакопления* : Сборник / Отв. ред. А. Л. Яншин, М. А. Жарков; АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т геологии и геофизики. – Новосибирск : Наука, 1977. – 317 с.
8. *Пиннекер Е. В.* Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна : (закономерности размещения, состав, динамика, формирование и использование) / АН СССР СО Институт земной коры. – М. : Наука, 1966. – 322 с.
9. *Владимиров А. Г.* [и др.] Геохимические тенденции концентрирования лития в Земной коре и на ее дневной поверхности [Электронный ресурс]. – URL: http://shakhov.igm.nsc.ru/pdf/Shakhov120-pl129_134.pdf (дата обращения 01.03.2024).
10. *Минералообразующие системы месторождений высокотехнологичных металлов: достижения и перспективы исследований.* Всероссийская конференция, проводимая в рамках мероприятий, посвященных 300-летию РАН. Москва, 29 ноября–1 декабря 2023 г. Материалы конференции [Электронный ресурс]. – URL : http://www.igem.ru/300_ras/-files/abstracts.pdf. (Дата обращения 07.03.2024).
11. *Munk L. A., Hynek S. A., Bradley D. C., Boutt D., Labay K., Jochens H.* Lithium Brines: A Global Perspective // *Reviews in Economic Geology*. – 2016. – V. 18. – P. 339–365.
12. *Xiaocan Yu, Chunlian Wang, Hua Huang, Jiuyi Wang.* Kai Yan Lithium and brine geochemistry in the Qianjiang Formation of the Jiangnan Basin, central China. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31421-1>. (Дата обращения 04.03.2024).

REFERENCES

1. *Vernadskiy V. I.* Istoriya mineralov zemnoy kory [History of minerals of the earth's crust], V. 2 Istoriya prirodnykh vod, Ch. 1, Is. I–II, Leningrad, ONTI KHIMTEORET publ., 1936. (In Russ.)
2. *Vlasov G. M.* Flyuidnoye “dykhaniye” zemli i stratiformnoye orudneniye [Fluid “breathing” of the earth and stratiform mineralization], Tikhookeanskaya geologiya, 1986, No. 5. (In Russ.)
3. *Kol'skaya sverkhglubokaya* : Issledovaniye glubinogo stroyeniya kontinental'noy kory s pomoshch'yu bureniya Kol'skoy sverkhglubokoy skvazhiny [Kola superdeep: Study of the deep structure of the continental crust by drilling the Kola superdeep well], ed. Ye. A. Kozlovskiy, Moscow, Nedra publ., 1984, 490 p. (In Russ.)
4. *Kraynov S. R., Ryzhenko B. N., Shvets V. M.* Geokhimiya podzemnykh vod. Teoreticheskiye, prirodnyye i ekologicheskiye aspekty [Geochemistry of underground waters. Theoretical, natural and environmental aspects]. ed. N. P. Laverov, Moscow, Nauka publ., 2004, 677 p. (In Russ.)
5. *Kudryavtsev N. A.* Genezis nefti i gaza [Genesis of oil and gas], Leningrad, Nedra publ., 1973, 216 p. (In Russ.)
6. *Kuz'menko P. S., Chmerek V. S., Mikheyeva Ye. D.* Usloviya formirovaniya i zakonmernosti razmeshcheniya litiyenosnykh rassolov na territorii RF [Conditions of formation and patterns of placement of lithium-bearing brines on the territory of the Russian Federation], Razvedka i okhrana neдр [Exploration and protection of subsoil], 2023, No. 7, pp. 33–46. (In Russ.)
7. *Osnovnyye problemy solenakopleniya* : Sbornik [The main problems of salt accumulation: Collection]. ed. A. L. Yanshin, M. A. Zharkov; AN SSSR. Sib. otdniye. In-t geologii i geofiziki, Novosibirsk, Nauka publ., 1977, 317 p. (In Russ.)
8. *Pinneker Ye. V.* Rassoly Angaro-Lenskogo artezianskogo basseyna : (zakonomernosti razmeshcheniya, sostav, dinamika, formirovaniye i ispol'zovaniye) [Brines of the Angara-Lena artesian basin: (patterns of distribution, composition, dynamics, formation and use)]. AN SSSR SO Institut zemnoy kory, Moscow, Nauka publ., 1966, 322 p. (In Russ.)
9. *Vladimirov A. G.* [et al.] Geokhimeskiye tendentsii kontsentrirvaniya litiya v Zemnoy kore i na yeye dnevnoy poverkhnosti [Geochemical trends in lithium

concentration in the Earth's crust and on its surface], available at: http://shakhov.igm.nsc.ru/pdf/Shakhov120-p129_134.pdf (04.03.2024). (In Russ.)

10. *Mineraloobrazuyushchiye sistemy mestorozhdeniy vysokotekhnologichnykh metallov: dostizheniya i perspektivy issledovaniy. Vserossiyskaya konferentsiya, provodimaya v ramkakh meropriyatiy, posvyashchennykh 300-letiyu RAN. Moskva, 29 noyabrya–1 dekabrya 2023 g. Materialy konferentsii* [Mineral-forming systems of deposits high-tech metals: achievements and research prospects. All-Russian conference held as part of the events, dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. Moscow, November 29–December 1, 2023 Conference materials], available at: http://www.igem.ru/300_ras/files/abstracts.pdf. (07.03.2024)
11. *Munk L. A., Hynek S. A., Bradley D. C., Boutt D., Labay K., Jochens H.* Lithium Brines: A Global Perspective, Reviews in Economic Geology, 2016, V. 18, pp. 339–365.
12. *Xiaocan Yu, Chunlian Wang, Hua Huang, Jiuyi Wang.* Kai Yan Lithium and brine geochemistry in the Qianjiang Formation of the Jiangnan Basin, central China. available at: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31421-1>. (04.03.2024)

Статья поступила в редакцию 16.02.24; одобрена после рецензирования 05.03.24; принята к публикации 05.03.24.
The article was submitted 16.02.24; approved after reviewing 05.03.24; accepted for publication 05.03.24.

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию
по тел. +7 (495)315-43-65 доб. 227
E-mail: ogeo@tsnigri.ru

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

Типоморфизм самородного золота как критерий определения типа золоторудной минерализации в корях выветривания Еравнинского рудного района (Республика Бурятия)

Рассматриваются особенности золота из коры выветривания. Показано как полученные признаки в комплексе с изучением состава коры выветривания позволяют устанавливать тип золоторудной минерализации и эффективно интерпретировать результаты поисковых работ.

Ключевые слова: типоморфизм самородного золота, золотоносная кора выветривания, золоторудная минерализация, прожилково-вкрапленная золото-сульфидная минерализация, золото-кварцевая минерализация.

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

ЗУБОВА ТАТЬЯНА ПЕТРОВНА, старший научный сотрудник, zubova@tsnigri.ru

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

Typomorphism of native gold as a criterion for typization of gold mineralization in weathering crusts of the Eravninsky ore district (Republic of Buryatia)

N. N. POZDNYAKOVA, T. P. ZUBOVA

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

The features of native gold from weathering crust are considered. It is demonstrated how the features obtained in combination with studying the weathering crust composition make it possible to identify the type of the primary gold mineralization and to facilitate effective interpretation of the prospecting results.

Key words: typomorphism of native gold, gold-bearing weathering crust, gold mineralization, veinlet-disseminated gold-sulfide mineralization, gold-quartz mineralization.

Фактический материал, собранный авторами при работе на ряде золоторудных объектов России, показывает, что степень изменения рудной минерализации в экзогенных условиях определяется разными факторами, в том числе морфогенетическим типом коры выветривания, её зрелостью. Наиболее глубокие гипергенные изменения рудного вещества происходят в верхних горизонтах профиля выветривания (зоне гидролиза) остаточной коры выветривания, а также в контактово-карстовых и карстовых корях. В зоне гидратации и выщелачивания, несмотря на сильную глинизацию коренного субстрата (до 50–60%), ещё сохраняется информация о рудной минерализации,

спектре околорудных метасоматических изменений [5].

Эти особенности преобразования коренных пород и рудной минерализации необходимо учитывать при анализе полученных результатов при проведении геологоразведочных работ (ГРР).

Важная роль отводится изучению особенностей самородного золота. Даже по единичным золотинам из рыхлых отложений можно установить не только условия формирования золота в первичных рудах, но и степень его преобразования в зоне гипергенеза [3]. Изменения признаков золота в ряду коренной источник – кора выветривания – россыпь наиболее отчётливо проявлены

у частиц крупнее 0,25 мм, которые чаще встречаются в проявлениях золото-кварцевого, золото-полисульфидно-кварцевого, золото-скарнового типа [2].

Интерпретация результатов изучения самородного золота совместно с анализом вещественного состава коры выветривания и её геохимических особенностей позволяют уже на начальных стадиях проведения геологоразведочных работ получить представления о типе рудной минерализации, что влияет на выбор оптимальных аналитических методов определения содержаний Au в бороздовых и керновых пробах.

В данной работе приведён пример комплексного подхода к изучению самородного золота и характера его распределения, особенностей вещественного состава коры выветривания на участках Сохайский и Белюты, находящихся в Сосновском рудно-россыпном узле Еравнинского рудного района Республики Бурятия (рис. 1).

В геологическом строении участка *Сохайский* участвуют палеозойские осадочные и вулканогенно-осадочные породы олдындинской свиты нижнего кембрия, прорванные интрузивными гранитоидными телами Витимканского комплекса раннепалеозойского возраста, с внедрением которого связано формирование железорудного и полиметаллического оруденений (рис. 2). Железорудные тела имеют линзовидную форму и пирротин-магнетитовый состав [1].

В пределах площади широко развиты коры выветривания (КВ) мел-палеогенового возраста: остаточная линейно-площадная, в меньшем количестве карстовая. В остаточной коре выветривания неполного профиля наиболее зрелые горизонты представлены зоной гидратации и выщелачивания. Её мощность в среднем составляет 15,0–20,0 м, с увеличением до 60,0 м и более по тектонически ослабленным зонам. Количество алевропелитовой фракции в верхних горизонтах КВ может достигать 60–90%, её состав во многом зависит от состава исходных пород. Так, по вулканогенно-осадочным породам преобладает монтмориллонит, по участкам проявления серицит-полевошпатовых метасоматических изменений – каолинит, серицит.

Выветриванию подвержены также и золотосодержащие магнетитовые тела, в гипергенных условиях превращающиеся в чёрный «сажистый» материал с обломками магнетита и бурого железняка. В связи с маломощностью коры выветри-



Рис. 1. Обзорная схема расположения участков Сохайский и Белюты Еравнинской перспективной площади, Республика Бурятия

вания в местах развития магнетитовых тел (3,0–10,0 м) количество алевропелитовой фракции в ней сокращается до 10–40%, в среднем – 20%, а преобладает песчаная фракция как продукт тонкой дезинтеграции исходной железной руды. Основные рудные минералы представлены остаточным магнетитом, полуокисленным пиритом, гидроксидами железа, в том числе гётитом. Большая часть алевропелитовой фракции состоит из гётита.

Наиболее высокие (0,5–23,4 г/т) содержания Au, по результатам пробирного и золото-спектрального анализов, приурочены к выветрелой железорудной минерализации. Низкие значения на уровне 0,3–1,8 г/т отмечаются и за её пределами в структурной остаточной коре выветривания по метасоматически изменённым (полевошпатизация, эпидотизация) вулканогенным породам с обилием дресвы серого кварца. Золоторудная минерализация сопровождается аномалиями Bi, Ag, Cu, W, иногда – Pb, Zn, редко – слабоконтрастными As, Mo, P [1].

Анализ магнетита методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП МС) показал, что содержания Au и рудогенных элементов в нём низкие, но они повышаются в гидроксидах железа, окисленном пирите и алевропелитовой фракции (табл. 1).

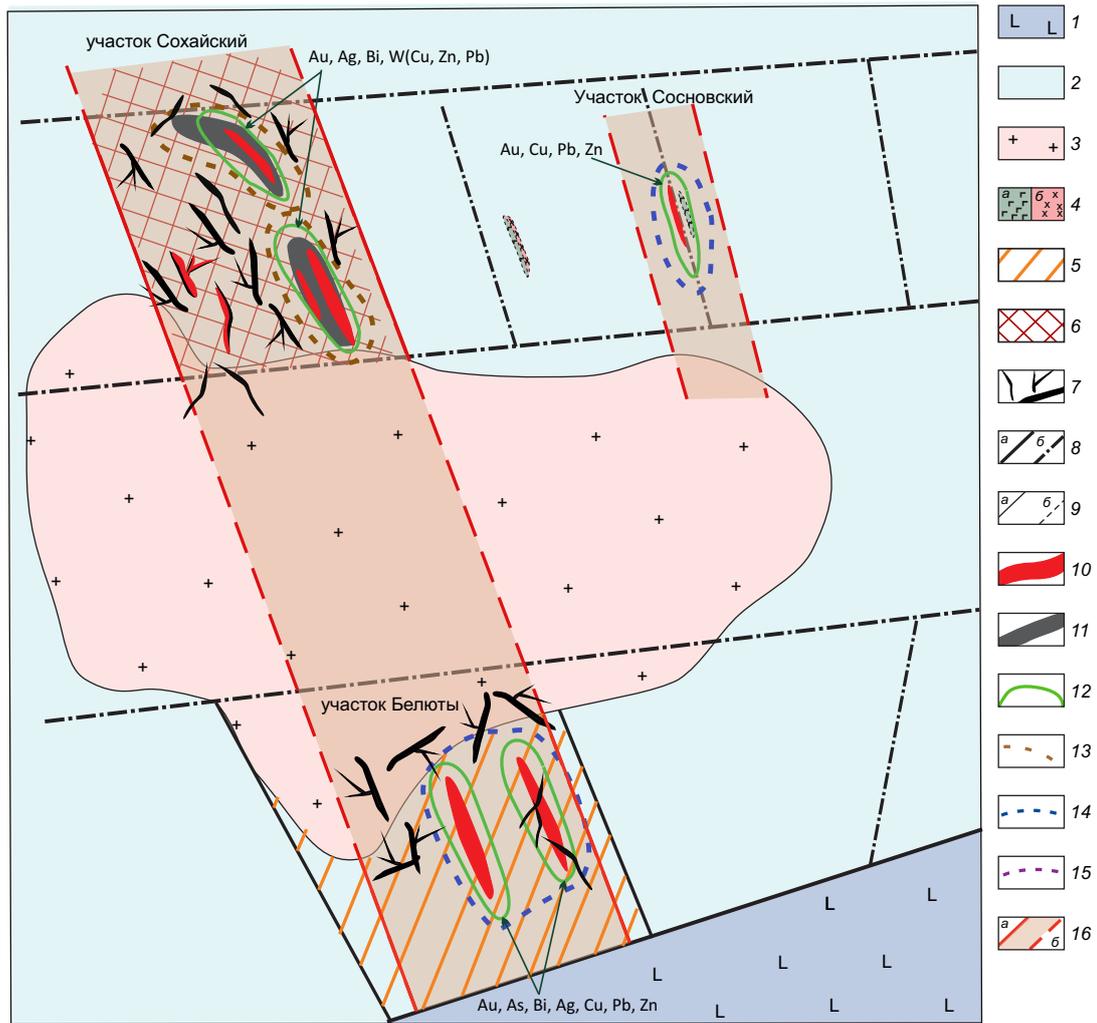


Рис. 2. Схема геологического строения рудопроявлений Сохайский и Беляуты. Составлено с использованием материалов А. А. Миронова и «Урангео»:

1–2 – породы: 1 – Удинского субвулканического комплекса (базальты, трахибазальты, андезиты, трахиты, трахириолиты), 2 – рудовмещающей Олдындинской свиты (эффузивные породы основного состава, туфы, туфосланцы, туфопесчаники, туфоалевролиты, туфы смешанного состава, известняки); 3–4 – рудогенерирующие магматические образования Витимканского интрузивного комплекса: 3 – габбро-монзонит-гранитного состава, 4 – дайковые тела: а – долеритов, б – диоритов; 5 – кварц-серицитовые, кварц-серицит-полевошпатовые метасоматиты; 6 – проявления скарнирования, эпидотизации, хлоритизации; 7 – кварцевые жилы и прожилки; 8 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 9 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые; 10 – золоторудное тело; 11 – железорудное тело; 12 – комплексные геохимические аномалии; 13–15 – геофизические аномалии: 13 – магнитные, 14 – вызванной поляризации, 15 – сопротивления; 16 – минерализованные зоны с золотосодержащими корами выветривания: а – установленные и б – предполагаемые границы

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что золоторудная минерализация является более поздней и оторвана от формирования железорудных тел. Подтверждением этому служат выявленные особенности золота из шлиховых

проб, отобранных из горно-буровых выработок, вскрывших кору выветривания, а также в ходе геологических маршрутов.

Интерпретация результатов изучения самородного золота совместно с анализом вещественного

Таблица. Распределение содержаний золота и элементов-спутников в алевропелитовой фракции и отдельных минералах в пробах из коры выветривания

Участок	Проба (номер скважины / интервал в м)	Содержание Au в пробе, г/т	Состав фракции	Au, г/т	Элементы, ·10 ⁻³ %				
					Cu	Zn	As	Pb	Bi
Сохайский	301 / 3,5	> 2	Магнетит	0,79	2,99	4,00	2,46	0,26	0,29
			Гётит	5,38	14,90	13,40	42,72	0,78	1,06
			Алевро- пелитовая	9,23	15,10	16,01	43,03	0,77	0,71
	303 / 10	1,3	Магнетит	0,64	12,76	2,58	1,96	0,14	0,91
			Гётит	0,73	48,29	5,93	13,73	0,58	4,87
			Алевро- пелитовая	1,90	38,75	4,34	7,02	0,23	3,56
Белоты	46-6 / 7–9	1,19	Гётит	3,03	78,6	38,8	320	5,1	9,8
	46-6 / 16–18	2,35	Гётит	1,78	17,7	23,2	1196	3,2	2,8
	46-15 / 17–18	1,41	Алевро- пелитовая	1,6	7,7	16,2	82,5	4,1	0,5
	46-16 / 19–20	1,04	Алевро- пелитовая	0,76	18,2	52,2	482	6,1	1,3

состава коры выветривания и её геохимических особенностей позволяют установить разные типы золоторудной минерализации (*золото-кварцевую и золото-сульфидную*), подвергшиеся окислению [4].

Проанализированное золото участка Сохайский различается по набору признаков – гранулометрии, формам частиц, характеру поверхности, внутреннему строению, пробности и элементам-примесям. Химический состав, состав микровключений самородного золота определён в ИГЕМ РАН по данным сканирующей электронной микроскопии (СЭМ-анализ) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА).

Проявление *золото-кварцевой минерализации* в коре выветривания отражается присутствием большого количества дресвы ожелезнённого кварца за счёт дезинтеграции кварцевых прожилков и жил. Видимое золото, в большинстве случаев находящееся в сростках с кварцем, представлено частицами размером от 0,15–0,5 до 1,35 мм. Оно в основном жёлтого цвета, различной морфологии (гемиидиоморфное, сростки кристаллов, трещинно-прожилковидное) и уплощённости, с мельчайшими округлыми наростами на выступах, по-

верхность его ямчато-ячеистая, местами «оглаженная», в разной степени выщелоченная, с отпечатками от вмещающих минералов (рис. 3). Пробность отдельных золотинок (по данным РСМА) высокая и весьма высокая – 940,6–985,2‰, в составе золотинок постоянно отмечается присутствие повышенного количества примеси Cu (0,07–1,13 мас.%).

Внутреннее строение золота данной разновидности монокристаллическое и разнотельное, двойниковое, частично рекристаллизованное, тонко неоднородное, с единичными глобулярными структурами распада в результате повышенной примеси Cu (см. рис. 3). Структура большей части золотинок не изменена гипергенными процессами. Однако у некоторых частиц в результате их относительно длительных пребываний в «состоянии покоя» в зоне гипергенеза сформировалась весьма высокопробная перекристаллизованная тонкозернистая коррозионная оболочка с тонкозаноэпистым глубоко изрезанным краем, которая отчётливо выражена при многократном ступенчатом травлении раствором CrO₃ + HCl полированных монтированных частиц в искусственных шлифах.

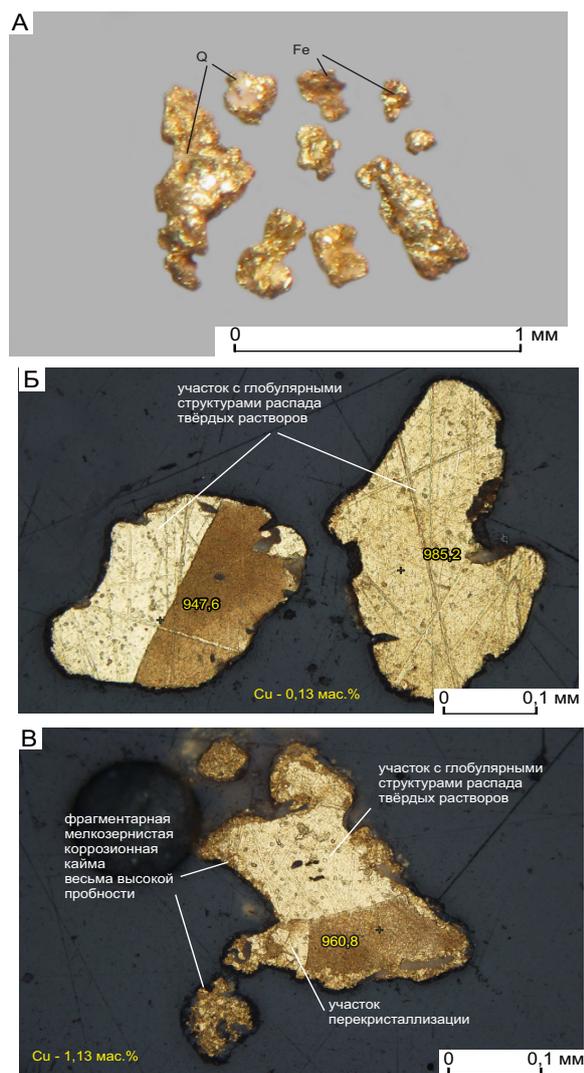


Рис. 3. Золото из золото-кварцевой минерализации участка Сохайский:

А – морфология золотин – «рудного» облика гемиидиоморфные, трещинно-прожилковидные частицы, сростки кристаллов, с оглаженными выступами в результате растворения в коре выветривания, мелкими округлыми наростами на выступах, с включениями бесцветного прозрачного кварца (Q), в углублениях выщелоченных бугорчато-ровной и ямчато-ячеистой поверхностей и между сросшимися кристаллами сохраняются скопления агрегатов глинистых минералов, гидроксидов железа (Fe); Б, В – моно-, разнородная, двойниковая структура золота высокой и весьма высокой пробности (в %, по данным РСМА), с участками распада твёрдых растворов, начальной рекристаллизацией матрикса, с признаками длительного пребывания в глинистой коре выветривания (с тонкой занозистостью краёв на выступах, местами прерывистая мелкозернистая коррозионная оболочка весьма высокой пробности) и их отсутствием; А – под бинокляром, Б – монитр. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

В минералогических пробах с золотом отмечается присутствие обломков призматических кристаллов турмалина коричневого цвета размером 0,5–0,75 мм.

Золото-сульфидная минерализация в коре выветривания визуально проявлена в виде участков интенсивного ожелезнения, где основным минералом, по данным рентгенофазового анализа, является гётит – продукт окисления сульфидов, редко – полуокисленный пирит. Именно в этих минералах в виде включений находится микроскопическое золото, составляющее основную массу золота участка. Гётит присутствует в виде агрегатов и часто образует псевдоморфозы по пириту, с сохранением первичной морфологии в виде кубов, усложнённых кубов, пентагон-додекаэдров. В отличие от магнетита, содержания Au в гётите (по данным ИСП МС) достигают 1–9 г/т. Также отмечаются содержания Au и в алевропелитовой фракции, сопровождающиеся повышением содержания элементов-спутников: As, Cu, Zn, Ag, Pb (см. табл. 1).

Свободное видимое золото, выделенное из алевропелитовой фракции, характеризуется преобладанием частиц размером ~ 0,1 мм, реже 0,1–0,25 мм, жёлтого и зеленовато-жёлтого цветов, разнообразных форм (объёмные сростки кристаллов, в том числе с заметными ступенями роста и округлым завершением, с гладкой и бугорчатой поверхностями; средней уплощённости гемиидиоморфные частицы, иногда с признаками дендритного роста, с острыми краями, с мелкоямчатой поверхностью и редкими на ней отпечатками минералов; трещинно-прожилковидные разности) (рис. 4). В углублениях поверхности золотин сохраняются гидроксиды железа, а в агрегатах глинистых минералов постоянно отмечаются (по данным СЭМ-анализа) повышенные содержания Fe, Zn, Cu, иногда Mo (продукты разложения пирита, халькопирита, сфалерита, молибденита и др.).

Микровключения галенита и арсенопирита также обнаружены в полированных срезах золотин (см. рис. 4). Пробность золота (по данным РСМА) средняя и высокая, колеблется в интервале 896,4–904,2 %, постоянно присутствует примесь Te (0,10–0,13 мас.%).

Золото характеризуется зернистым двойниковым внутренним строением с участками обособлений амёбообразных форм, образующихся в результате распада твёрдых растворов за счёт примеси Te (см. рис. 4).

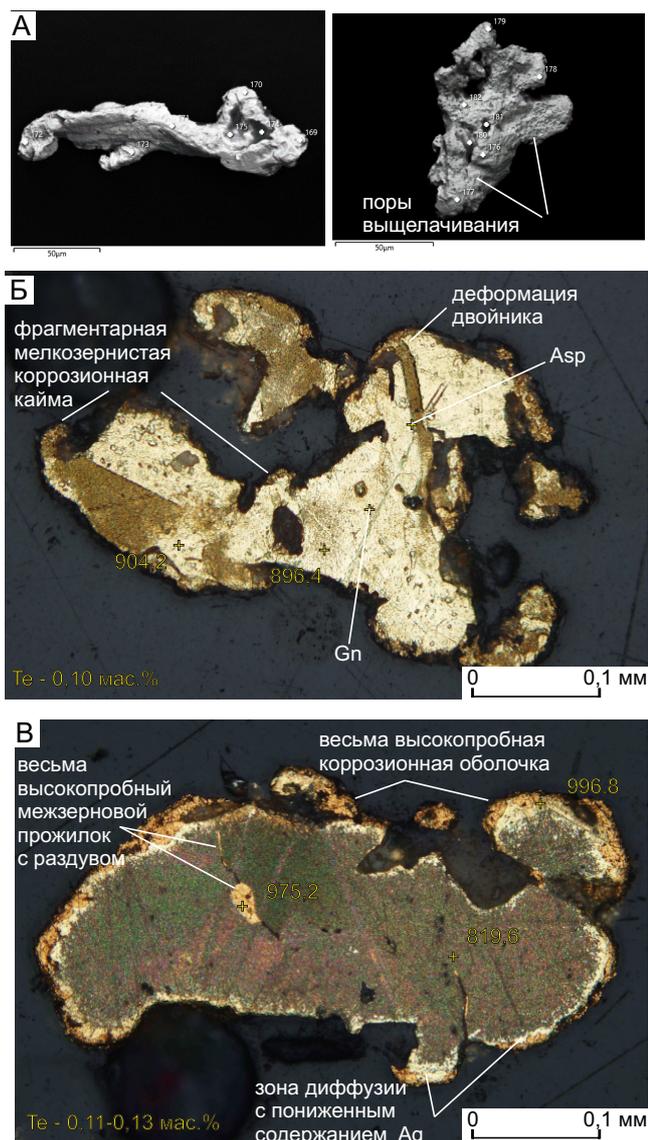


Рис. 4. Золото из золото-сульфидной минерализации участка Сохайский:

А – морфология золотин: трещинно-прожилковидная и дендритовидная частицы с выщелоченной оглаженно-ровной поверхностью, в углублениях со скоплениями глинистых агрегатов и породообразующих минералов; Б, В – структура золота средне-высокопробного (в %, по данным РСМА) с примесью Те разнозернистая, двойниковая, с участками распада твёрдых растворов, с включениями микрозёрен галенита (Gn), арсенопирита (Asp) и преобразованиями в зоне гипергенеза (весьма высокой пробности межзерновые прожилки с раздувами, слабо выщелоченная коррозионная кайма разной мощности и тонкозернистого строения на выступах и ответвлениях, чёткая диффузионная зона с пониженным содержанием Ag); А – под электронным микроскопом, Б – монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

В коре выветривания золото претерпело слабые изменения, выраженные в его структуре присутствием маломощных коррозионных высокопробных кайм, имеющих тонкозернистое строение на выступах и ответвлениях и тонкозанолистого (результат выщелачивания) или оглаженного (результат растворения) края. О незначительных перемещениях в вертикальном профиле золотин свидетельствуют редкие царапины на их поверхности, полученные при просадке, и деформация в крайних частях золотин двойников с образованием линий трансляций, которые видны при изучении внутреннего строения.

По полученным данным по распределению золота в коре выветривания, его типоморфным признакам было установлено, что *золоторудная минерализация является более поздней по отношению к железорудной и связана с проявлением низкотемпературных гидротермально-метасоматических процессов*. На это указывают структура золота, присутствие в его составе микропримесей Те, Те-Ві минералов, а также приуроченность золотоносности к области развития сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации, следы которой сохранились в коре выветривания.

Часто золото-кварцевое и золото-сульфидное оруденения на участке пространственно совмещаются, что может затруднять точное определение принадлежности золота к одному из них (рис. 5). В результате исследований было установлено преобладание золото-кварцевого на северо-западном фланге участка Сохайский, а золото-сульфидного – на юго-восточном.

Близкое геологическое строение с двумя типами золоторудной минерализации наблюдается на расположенном южнее *участке Белюты* (см. рис. 2).

Участок Белюты характеризуется чередованием вулканогенно-осадочных пород с линзами, прослоями известняков, прорванными телами интрузивных пород Витимканского комплекса. По вулканогенно-осадочным породам формируется остаточная кора выветривания [1]. Наибольшей мощности (46,0–80,0 м) она достигает вдоль тектонических нарушений, где визуально представлена пёстроцветными бесструктурными глинами, в которых количество тонкой алевропелитовой фракции составляет 45–50%. В этих зонах встречаются интервалы интенсивного ожелезнения тёмно-коричневого, вишнёвого цветов, в геофизических полях отражающиеся аномалиями с повышенными

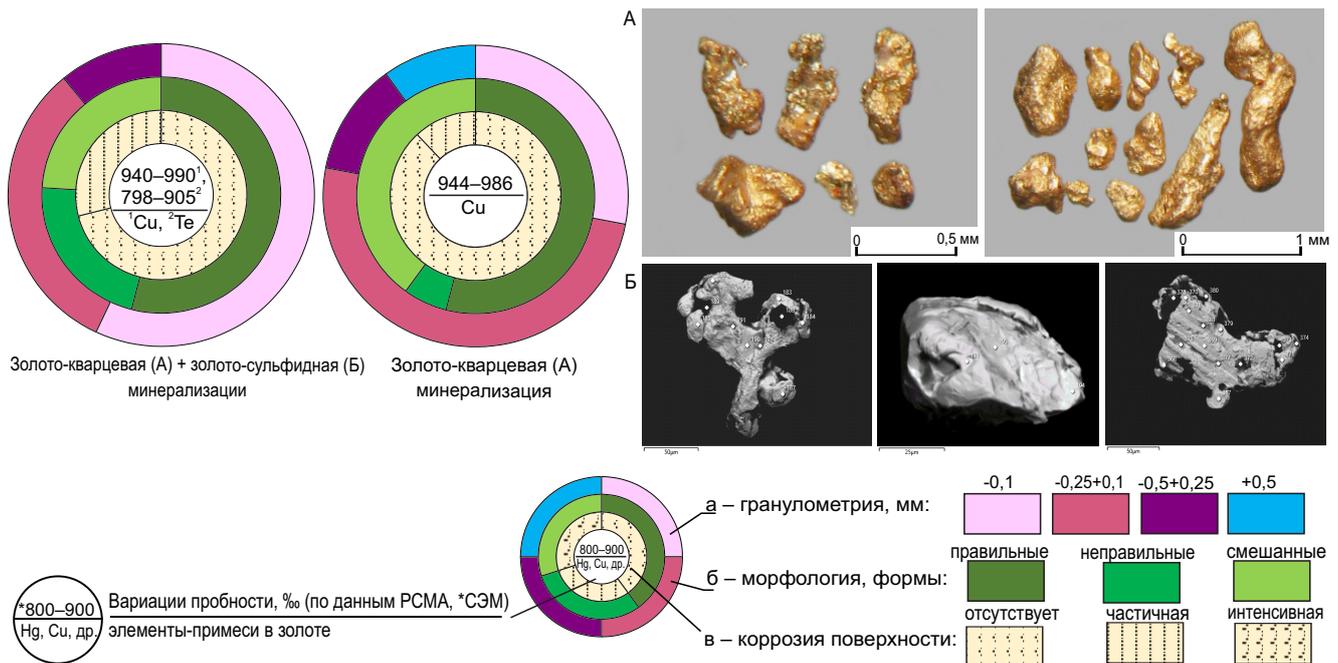


Рис. 5. Круговые диаграммы признаков золота разных типов рудной минерализации участка Сохайский: со- вмещённой золото-кварцевой с золото-сульфидной и золото-кварцевой:

на фото в верхнем ряду (А) показаны «рудного» облика гемиидiomорфные, трещинно-прожилковидные ча- стицы, кристаллы, сростки кристаллов, разной интенсивности выщелоченные, с оглаженными в резуль- тате растворения выступами, мелкими округлыми наростами на выступах, с включениями бесцветного кварца, в углублениях выщелоченных бугорчато-ровной и ямчато-ячеистой поверхностей и между срос- шимися кристаллами сохраняются скопления агрегатов глинистых минералов, гидроксидов железа; в нижнем ряду (Б) – электронное изображение дендритовидного и объёмного искажённого сростка кристаллов, трещинно- прожилковидной золотины с частично выщелоченной оглаженно-ровной микроповерхностью, со штриховкой, полученной при контакте с породообразующими минералами, со скоплениями ожелезнённых агрегатов глинистых агрегатов эпидот-гидрослюдисто-хлоритового состава с тонкой вкрапленностью сульфидов

значениями вызванной поляризации. Плотиком коры выветривания в линейных зонах являются метасоматически изменённые (серицитизирован- ные, хлоритизированные, окварцованные) поро- ды с вкрапленностью сульфидов. Участки лимони- тизации со сливными обломками бурого железня- ка часто бывают золотоносными с содержаниями Au в отдельных пробах до 4 г/т.

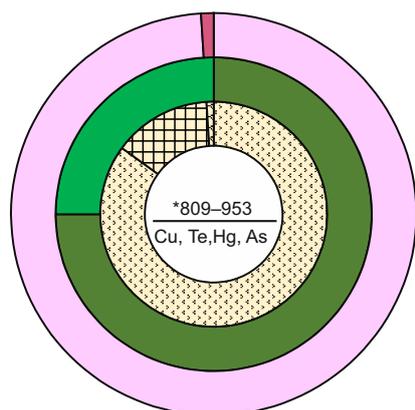
В составе тонкой фракции из зон ожелезнения преобладают гётит и серицит. Содержания Au в них сопровождаются ореолами As, Bi, Ag, Cu, спорадически – Zn, Pb, W, Mo, P. Чем выше содер- жания Au, тем они контрастнее.

По результатам анализа ИСП МС в гидрокси- дах железа установлены содержания Au до 3,03 г/т. Вместе с золотом в бурых железняках происхо-

дит накопление As, содержания которого варьи- руют от сотен до $1196 \cdot 10^{-3} \%$, остальные рудоген- ные элементы присутствуют в незначительных количествах (см. табл. 1).

В составе шлиховых проб, отобранных с руд- ных интервалов, кроме гидроксидов железа тём- но-коричневого цвета, в качестве примеси отме- чаются агрегаты остаточного полуокисленного пирита, агрегаты бесцветной слюды и обломки слюдисто-кварцевого состава.

На участке преобладает тонкодисперсное, пы- левидное самородное золото высокой (993 ‰), средней (822, 887 ‰) пробыности, редко низкопроб- ное. Оно находится в виде скоплений микровклю- чений округлой, червеобразной форм в агрегатах оксидов-гидроксидов железа, имеющих нередко



Золото-сульфидная прожилково-вкрапленная (А)
Золото-кварцевая (Б)
минерализации

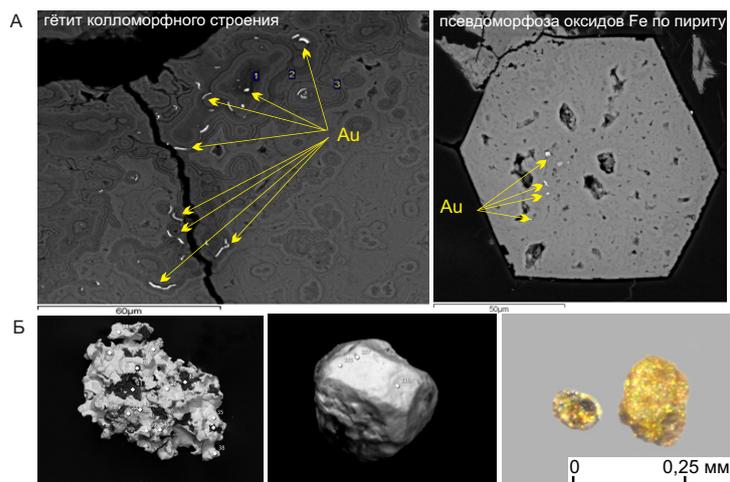


Рис. 6. Круговая диаграмма признаков золота золото-сульфидной с золото-кварцевой минерализаций участка Белюты:

на фото в верхнем ряду (А) показано тонкодисперсное золото в гётите коллоидного строения в виде эмульсионных включений и в псевдоморфозе оксидов Fe по пириту; в нижнем ряду слева направо – электронное изображение золотины интерстициальной формы с ямчато-ячеистой микроповерхностью, в углублениях со скоплениями гидроксидов железа и глинистых минералов с примесью Cu; кристалла с первично ровной, с участками бугорчатой микроповерхностью, в углублениях со скоплениями глинистых минералов и гидроксидов железа с содержаниями Cu, Zn, As – как результат разложения сульфидов; под бинокляром – трещинно-прожилковидной формы золотины с признаками слабого выщелачивания ровной поверхности и кристалл с блестящей ямчато-бугорчатой поверхностью

почковидное, зональное, коллоидное строение, либо в полуокисленном пирите (рис. 6).

На отдельных интервалах в структурной коре выветривания сохранились многочисленные обломки кварца, образованные в результате дезинтеграции прожилков небольшой (1–5 см) мощности. Из минералогических проб извлечено видимое, тонкое самородное золото (1–80 знаков), уступающее в количественном соотношении микроскопическому золоту (см. рис. 6).

Видимое самородное золото участка почти не преобразовано в гипергенных условиях. По granulometрии оно относится к классу $-0,1$ мм, встречаются частицы крупностью $-0,25+0,1$ мм (до 1%). В основном это пластинчатые несовершенные кристаллы, их сростки, распространены удлинённые трещинно-прожилковидные разности. На поверхности (по данным СЭМ-анализа) золота отмечаются постоянные примеси Cu и Ag. В гидроксидах железа, сохранившихся в углублениях поверхности, отмечаются содержания Fe, As, Cu, Zn, свидетельствующие об окислении

сульфидов: пирита, арсенопирита, халькопирита, сфалерита.

Приведённые данные показывают, что на участке Белюты, как и на участке Сохайский, кора выветривания формировалась по зонам с прожилково-вкрапленной золото-сульфидной и золото-кварцевой минерализациями. Но, в отличие от участка Сохайский, на участке Белюты преобладает золото-сульфидная минерализация с усилением роли As.

Таким образом, при изучении вещественного состава остаточной коры выветривания неполного профиля и признаков самородного золота, выявлено, что золото остаточной линейно-трещинной КВ почти не преобразовано в зоне гипергенеза и сохраняет признаки, характерные для золота из коренных руд. Существенного переотложения золота или обогащения им каких-либо горизонтов в профиле выветривания не отмечается.

Золоторудная минерализация в пределах изучаемых участков имеет продолжение на глубину. Не исключено, что в коре выветривания оказалась

только верхняя часть золоторудной минерализации и основная её масса находится ниже подошвы КВ.

Типоморфизм золота в комплексе с вещественным составом коры выветривания могут эффективно использоваться при интерпретации результатов на любой стадии ГРР: при проведении геологических маршрутов, опробовании водотоков, площадных шлихо-геохимических работах, проходке горно-буровых выработок. Особенности золота и его преобразования в зоне гипергенеза, наряду с другими минералого-геохимическими методами, позволяют установить тип рудной минерализации, что влияет на выбор видов анализов для определения достоверных содержаний золота.

При развитии коры выветривания по прожилково-вкрапленной золото-сульфидной минерализации содержания золота достоверно определяются пробирным с атомно-абсорбционным окончанием и золото-спектральными анализами. Если источником золота были кварцевые жилы с крупным самородным золотом, то необходимо дополнительно проводить отбор шлиховых проб. При совмещении разных типов минерализаций требуется комплексный подход к их изучению, в частности использование комбинированных видов анализов: пробирного с предварительным гравитационным концентрированием либо пробирного с мокрым отсевом крупного золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агibalов О. А., Зубова Т. П., Позднякова Н. Н.* Отражение особенностей вещественного состава золотоносной коры выветривания в минералогических ореолах и геохимических аномалиях на примере отдельных участков Еравнинской перспективной площади (Республика Бурятия) // Отечественная геология. – 2023. – № 1. – С. 34–45.
2. *Зубова Т. П., Позднякова Н. Н.* Минералого-геохимические поисковые признаки золото-полисульфидно-кварцевого оруденения в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь» (на примере Урала) // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 49–58

3. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н.* [и др.] Изучение самородного золота при геологоразведочных работах : методические рекомендации / Отв. ред. А. И. Черных. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ФГБУ «ЦНИГРИ», 2023. – 74 с.
4. *Позднякова Н. Н., Зубова Т. П.* Изучение золота зоны гипергенеза для целей прогноза золоторудной минерализации при проведении ГРР // Литогенез и минерогенез осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии. Материалы X Международного совещания по литологии : сборник тезисов докладов. – Воронеж : ВГУ, 2023. – С. 340–343
5. *Риндзюнская Н. М., Зубова Т. П., Голенев В. Б.* [и др.] Геолого-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений золота в корях выветривания / Науч. ред. А. И. Иванов. – М. : ФГБУ «ЦНИГРИ», 2023. – 162 с.

REFERENCES

1. *Agibalov O. A., Zubova T. P., Pozdnyakova N. N.* Otrazheniye osobennostey veshchestvennogo sostava zolotonosnoy kory vyvetrivaniya v mineralogicheskikh oreolakh i geokhimicheskikh anomal'yakh na primere otdel'nykh uchastkov Yeravnenskoj perspektivnoy ploshchadi (Respublika Buryatiya) [Reflection of the features of the material composition of the gold-bearing weathering crust in mineralogical halos and geochemical anomalies using the example of individual sections of the Eravnskaya promising area (Republic of Buryatia)], *Otechestvennaya geologiya* [Domestic Geology], 2023, No. 1, pp. 34–45. (In Russ.)
2. *Zubova T. P., Pozdnyakova N. N.* Mineralogo-geokhimicheskiye poiskovyye priznaki zoloto-polisul'fidno-kvartsevoogo orudneniya v ryadu "korennoy istochnik – kora vyvetrivaniya – rossyp" (na primere Urala) [Mineralogical and geochemical prospecting signs of gold-polysulfide-quartz mineralization in the series "root source - weathering crust - placer" (using the example of the Urals)], *Otechestvennaya geologiya* [Domestic Geology], 2022, No. 1, pp. 49–58. (In Russ.)
3. *Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N.* [et al.] Izucheniye samorodnogo zolota pri geologorazvedochnykh rabotakh : metodicheskiye rekomendatsii

- [Study of native gold during geological exploration: methodological recommendations], ed. A. I. Chernykh, Moscow, TSNIGRI publ., 2023, 74 p. (In Russ.)
4. *Pozdnyakova N. N., Zubova T. P.* Izucheniye zolota zony gipergeneza dlya tseley prognoza zolotorudnoy mineralizatsii pri provedenii GRR [Study of gold in the hypergenesis zone for the purpose of predicting gold mineralization during exploration], *Litogenez i minerageniya osadochnykh kompleksov dokembriya i fanerozoya Yevrazii*, Voronezh, VGU publ, 2023, pp. 340–343. (In Russ.)
 5. *Rindzyunskaya N. M., Zubova T. P., Golenev V. B.* [et al.] Geologo-metodicheskiye osnovy prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdeniy zolota v korakh vyvetrivaniya [Geological and methodological foundations of forecasting, prospecting and evaluation of gold deposits in weathering crusts], Nauch. red. A. I. Ivanov, Moscow, TSNIGRI, 2023, 162 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 08.02.24; одобрена после рецензирования 26.02.24; принята к публикации 26.02.24.
The article was submitted 08.02.24; approved after reviewing 26.02.24; accepted for publication 26.02.24.

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

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

Редкие элементы в каменных углях Огоджинского месторождения (Верхнее Приамурье, Дальний Восток России)

Приведены результаты геохимического анализа содержания редких элементов в каменных углях пласта V–VI юго-восточной части Огоджинского месторождения. Коэффициенты концентрации показывают низкие содержания практически всех редких и рассеянных элементов в опробованной части пласта. Парная корреляция и проекция переменных величин химических элементов на факторную плоскость позволяют выделить не менее двух групп элементов: первая группа – Nd, Pr, Ce, La, Gd, Sm, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, Pb, вторая – Be, Rb, Mo, Cr, Ge, Co, Sc, V, Nb, U, Th, Cs, Sn, Li, Hf, Ga, Zr. Группировка редких элементов по геохимическим связям позволяет предположить наличие двух обособленных металлогенических источников. Перспективы выявления промышленных содержаний редких элементов в угольных отложениях Огоджинского месторождения остаются достаточно высокими.

Ключевые слова: Огоджинское месторождение, каменный уголь, геохимические связи, коэффициент концентрации, парная корреляция, цветные металлы, редкие элементы, осадочный бассейн, микрокомпоненты, складки.

БЕЛОЗЕРОВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ВАК, nibic@rambler.ru

ДУГИН СЕРГЕЙ ВАДИМОВИЧ, младший научный сотрудник, duservad@gmail.com.

ГИРЕНКО ИРИНА ВИТАЛЬЕВНА, ведущий инженер, girenko66@inbox.ru

ФГБУН Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИГиП ДВО РАН), г. Благовещенск

Rare elements in coal of the Ogodzha deposit (Upper Amur Region, Russian Far East)

N. I. BELOZEROV, S. V. DUGIN, I. V. GIRENKO

FSBIS Institute of Geology and Environmental Management, FEB RAS, Blagoveshchensk

Results of geochemical analysis for rare elements are present for coals of the Seam V-VI in the southeastern portion of the Ogodzha deposit. The concentration coefficients demonstrate low contents of almost all rare and dispersed elements in the sampled section of the coal seam. The pair correlation and projection of variable values of the chemical elements onto the factor plane allow one to distinguish at least two groups of elements: the first group, Nd, Pr, Ce, La, Gd, Sm, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, and Pb, and the second group, Be, Rb, Mo, Cr, Ge, Co, Sc, V, Nb, U, Th, Cs, Sn, Li, Hf, Ga, and Zr. The grouping of rare elements according to the geochemical correlations suggests the presence of two separate metallogenic sources. The prospects for discovery of commercial-grade contents of rare elements in coals of the Ogodzha deposit remain quite high.

Key words: Ogodzha deposit, coal, geochemical correlations, concentration coefficient, pairwise correlation, base metals, rare elements, sedimentary basin, microcomponents, folds.

Введение. Верхнее Приамурье – один из крупнейших угленосных бассейнов Дальнего Востока России. В его пределах известны промышленные месторождения каменного (раннемелового) и бурого (палеогенового и неогенового возраста) угля с высоким прогнозным потенциалом [18, 20].

Нижнемеловые угленосные отложения распространены на юго-западной окраине Зейско-Буре-

инского бассейна и на северо-востоке Приамурья, в зоне сопряжения Туранского (Буреинского) массива и Монголо-Охотской складчатой области. Геологическое строение района изучено в процессе геолого-съёмочных работ масштаба 1: 200 000 [1, 7, 11, 12, 14, 19, 21]. Территория охвачена геохимическими поисками при проведении геологической съёмки и геохимическими обобщениями

по результатам этих работ [9, 10]. Разведочные работы произведены Ю. А. Агафоновым [8]. Металлоносность их не изучена.

Целью настоящего исследования являются обобщение геологических и геохимических материалов по нижнемеловым угленосным отложениям Северо-восточного Приамурья и предварительный анализ собранных авторами данных по их металлоносности.

Характеристика объектов и методы исследования. В качестве объекта для изучения рассмотрена Гербикино-Огоджинская угленосная площадь – наиболее доступная для проведения экспедиционных работ. Она включает Огоджинское

и Сугодинское месторождения каменных углей и два участка: Гербикинский и Дигатканский [8]. Эти месторождения и участки расположены в пределах полосы выхода продуктивных отложений огоджинской свиты раннемелового возраста шириной 2–10 км и протяжённостью до 120 км. Отложения огоджинской свиты залегают на размытой поверхности Туранского (Буреинского) массива, отделённого от Монголо-Охотской складчатой области Пауканским разломом. Они представлены ритмично чередующимися песчаниками, алевролитами, реже гравелитами, с пластами углей и углистых пород. Породы собраны в волнообразные складки северо-западного простирания под углом

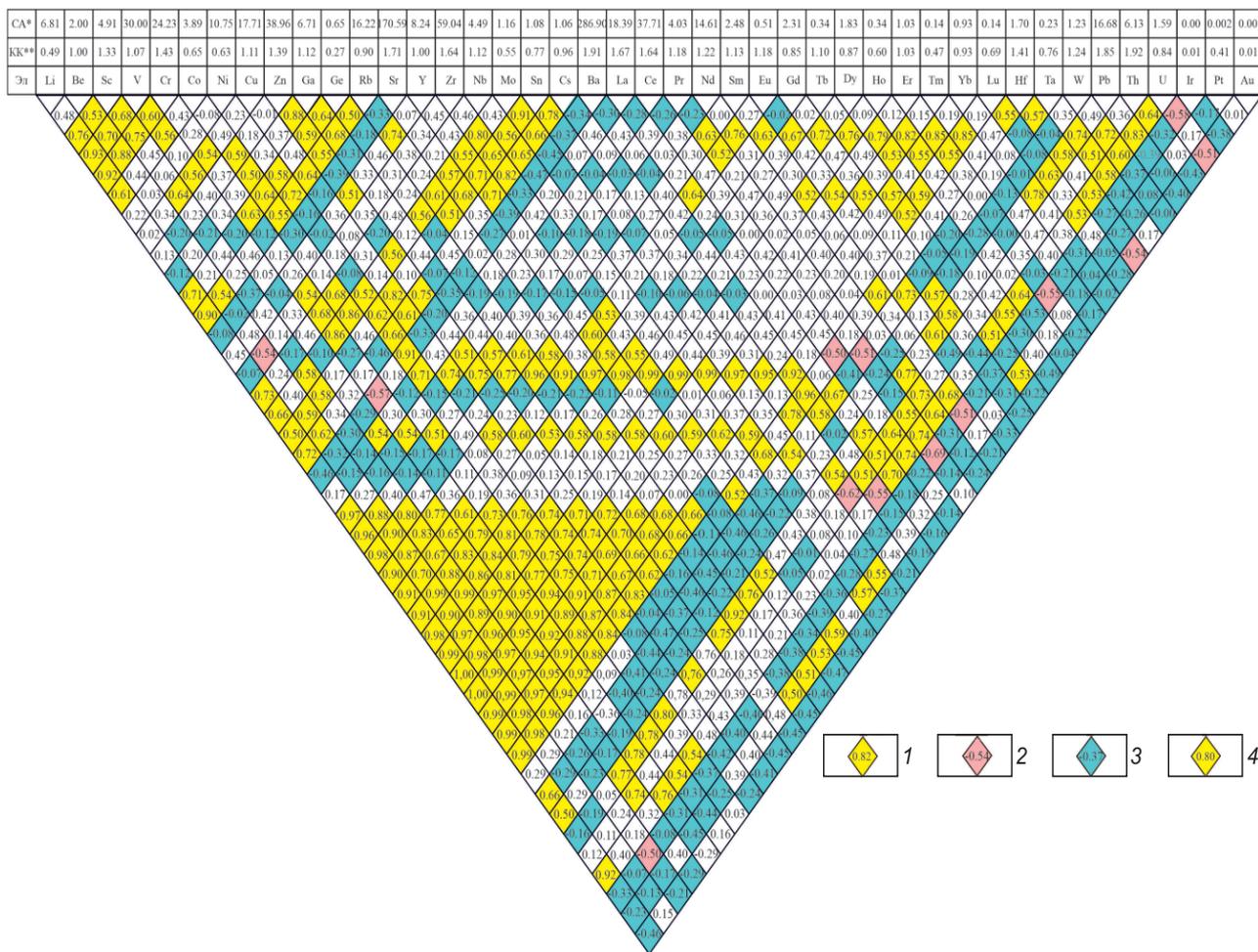


Рис. 1. Показатели парной корреляции химических элементов в каменных углях (16 проб):

1–4 – корреляция: 1 – положительная значимая, 2 – положительная незначимая, 3 – отрицательная значимая, 4 – отрицательная незначимая; SA* – среднее арифметическое; KK** – коэффициент концентрации

8–10°, иногда до 20°. Свита разделена на 3 под-свиты: нижнюю, слабопродуктивную, с пластами IV-1 и IV-2, среднюю – продуктивную, с пластами V–VI, VII, VIII, IX и верхнюю – слабопродуктивную, с пластами X, XII. Общая мощность свиты порядка 1150 м, из которых 450 м приходится на продуктивную – среднюю.

В качестве перспективного объекта авторами выбрана южная окраина Огоджинского месторождения на участке (карьере) Контактном с выдержанным по простирацию объединяющимся пластом V–VI мощностью до 55 м. Пласт угля состоит из 11 пачек, разобщённых прослоями алевролитов, песчаников и послойными и секущими линзами андезитов и их туфов. Угли чёрные, блестящие, длиннопламенные (Д), реже СС, Т, что обусловлено контактовым метаморфизмом под влиянием силлов и даек андезитов, диабазов, диабазовых порфириров. Пласт опробован в одном сечении бороздовым методом в верхней пачке мощностью 10,8 м. Длина каждой пробы 0,6 м. Прослой туфов (0,4 м) и глинистых сланцев (0,6 м) опробовались отдельно. Всего отобрано 16 проб угля, 4 пробы туфов и 1 проба глинистых сланцев.

Все пробы анализировались в Аналитическом центре Института тектоники и геофизики ДВО РАН (г. Хабаровск) на 46 элементов на масс-спектрометре ICP-MSElan 9000 (Канада). Химический состав пород изучен спомощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) (Cs, Ga, Rb, Sr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y, Nb, Hf, Ta, Th, U, Pb). Пробы углей предварительно обжигались при температуре 450 °С, что обеспечивает удаление основного объёма свободного углерода, но не сопровождается улетучиванием других элементов. В качестве стандарта использовался образец состава SCo-1 (глинистый сланец).

Для калибровки ICP-MS спектрометра применялся стандартный раствор PEN 9300231–9300234. Кислотное растворение образцов проводили в HCl, HNO₃, HF и HClO₄. Измерения проводились в стандартном режиме согласно ПНД Ф16.1.2.3.3.11–98 КХА ИСП в твёрдых объектах (Количественный химический анализ, методика выполнения измерений содержания металлов в твёрдых объектах методом ИСП-МС) на системе ICP-MSPerkin ELAN 9000 (PerkinElmer, Уолтем, Массачусетс, США), чувствительность которой по всей шкале масс была откалибрована с использованием стандарт-

ных эталонных растворов, содержащих все элементы, подлежащие анализу в образцах. Относительная погрешность измерения главных и малых элементов составляла 3–10%.

Результаты работ и их обсуждение. Аналитическими работами установлены невысокие содержания редкоземельных, редких рассеянных, редких тугоплавких и радиоактивных элементов, а также цветных и благородных металлов в углях и прослоях туфов и глинистых сланцев. Лишь 5 элементов (Ba, Sr, La, Ce, Zr) составляют концентрацию выше 1,5 (Коэффициент концентрации (КК) = 1,91–1,64). Три элемента (Hf, Ta, W) имеют концентрацию в два и более раза ниже кларковой. Ru, Rh, Pd в углях содержатся в количестве на два порядка ниже кларкового уровня, вследствие чего в расчётах не учитывались. В почве пласта содержание значительной части элементов (Rb, Ba, Ce, Nd, Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er) в 1,5–2 раза выше, чем в среднем по пласту. Колебания содержаний в остальных пробах незначительны и их среднеарифметические и среднегеометрические показатели близки.

Анализ парных корреляционных связей [6] химических элементов в углях наглядно показал их групповые геохимические зависимости (рис. 1). Проекция переменных величин химических элементов на факторную плоскость (рис. 2), дополняя результаты парных корреляций, конкретизирует выделение двух групп элементов. Первая группа представлена Nd, Pr, Ce, La, Gd, Sm, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Eu, Tm, Yb, Lu, Pb, вторая группа – Be, Rb, Mo, Cr, Ge, Co, Sc, V, Nb, U, Th, Cs, Sn, Li, Hf, Ga, Zr. Распределение химических элементов в каменных углях позволяет предположить 2 чётко обособленных по составу источника поступления их в осадочные толщи. Такими источниками могут быть: 1) гранитоиды и породы средне-основного состава (габбро, габбро-диориты) позднего мезозоя, 2) Гранитоиды палеозоя. К аналогичному мнению о генезисе рудных проявлений пришли и другие исследователи [1, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 19, 21].

Cu, Zn, Pt, Sr, Ba, Ir, Au, W, Ta, Ni поступали в угленосные толщи из различных «второстепенных» источников – кварцевых жил, акцессорных минералов метаморфических пород, контактово-метасоматических образований.

Заключение. Невысокие содержания редких и рассеянных элементов в опробованном разрезе пласта не означают, что Огоджинское месторо-

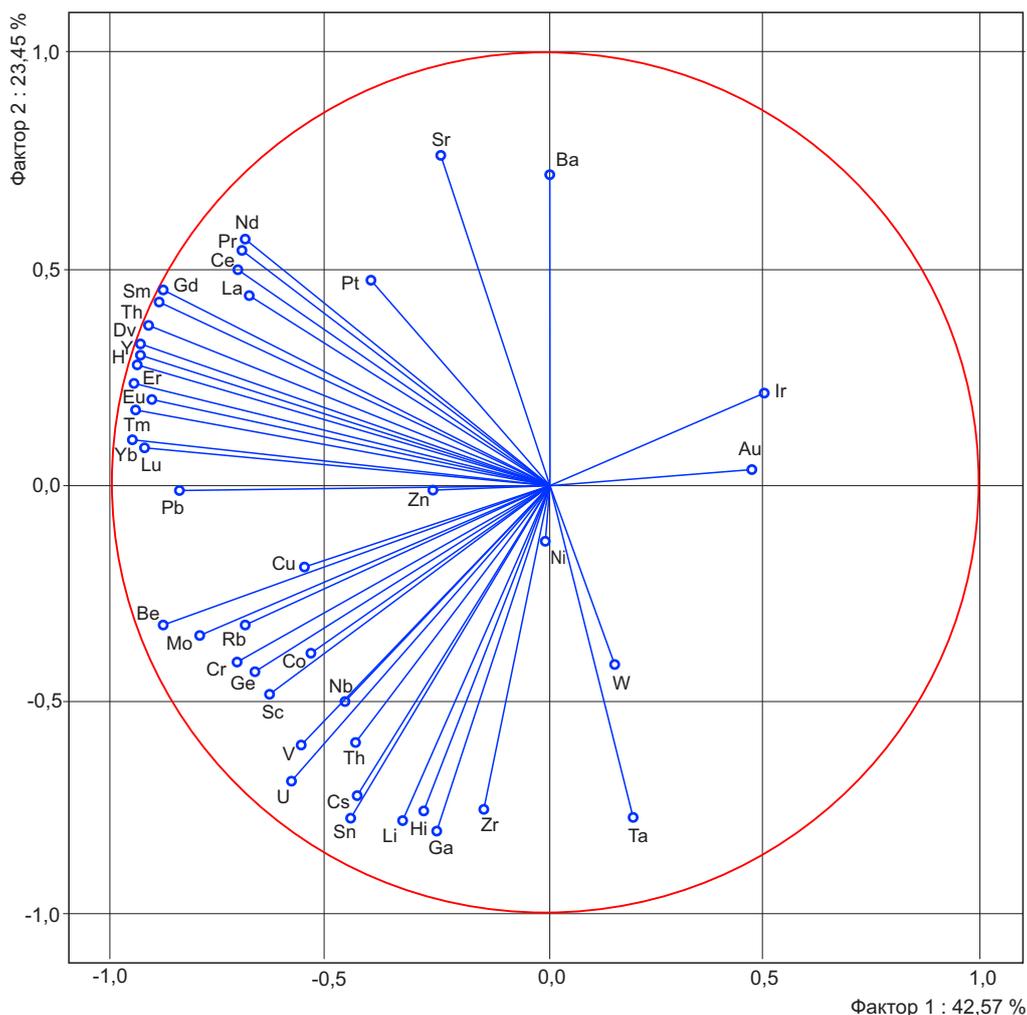


Рис. 2. Проекция переменных величин химических элементов на факторную плоскость

ждение бесперспективно на наличие редкометалльного оруденения промышленного масштаба. Значительный потенциал сырьевой базы региона [8] и высокие предпосылки накопления рудного вещества в осадочных толщах депрессий дают основание для изучения угленосных отложений депрессионных зон. Ознакомление с материалами [2–4] по редкометалльному оруденению Кузнецкого, Минусинского бассейнов и углей Красноярского края позволяет с оптимизмом относиться к рудному потенциалу Огоджино-Гербикианского месторождения. Тем более, что потребность в редкометалльном сырье высокая [15, 17, 20]. В результате геолого-съёмочных и разведочных работ в пределах водосбора верховьев реки Селемджи, выше Огоджа-Сугодинской и Гербикианской

депрессий выявлены [13], (рис. 3) более восьмидесяти рудопоявлений Au, Sn, W, Cu, Zn, Pb, Fe, Hg, Mo, Be, Th, U, редких земель, а также магнетита, графита, родонита, флюорита. В многочисленных геохимических ореолах рассеяния элементов отмечены повышенные концентрации перечисленных элементов. Ранее [5, 16, 17] нами отмечалось разломно-блоковое строение региона с разновозрастным вертикальным перемещением блоков. Различные полезные компоненты, высвобождающиеся из поднятых блоков, отлагались неравномерно по разрезу осадочных толщ депрессий. Следовательно, концентрация их в угольных пластах подчинялась тектоническому циклу отложений и не зависит от мощности угольных отложений.

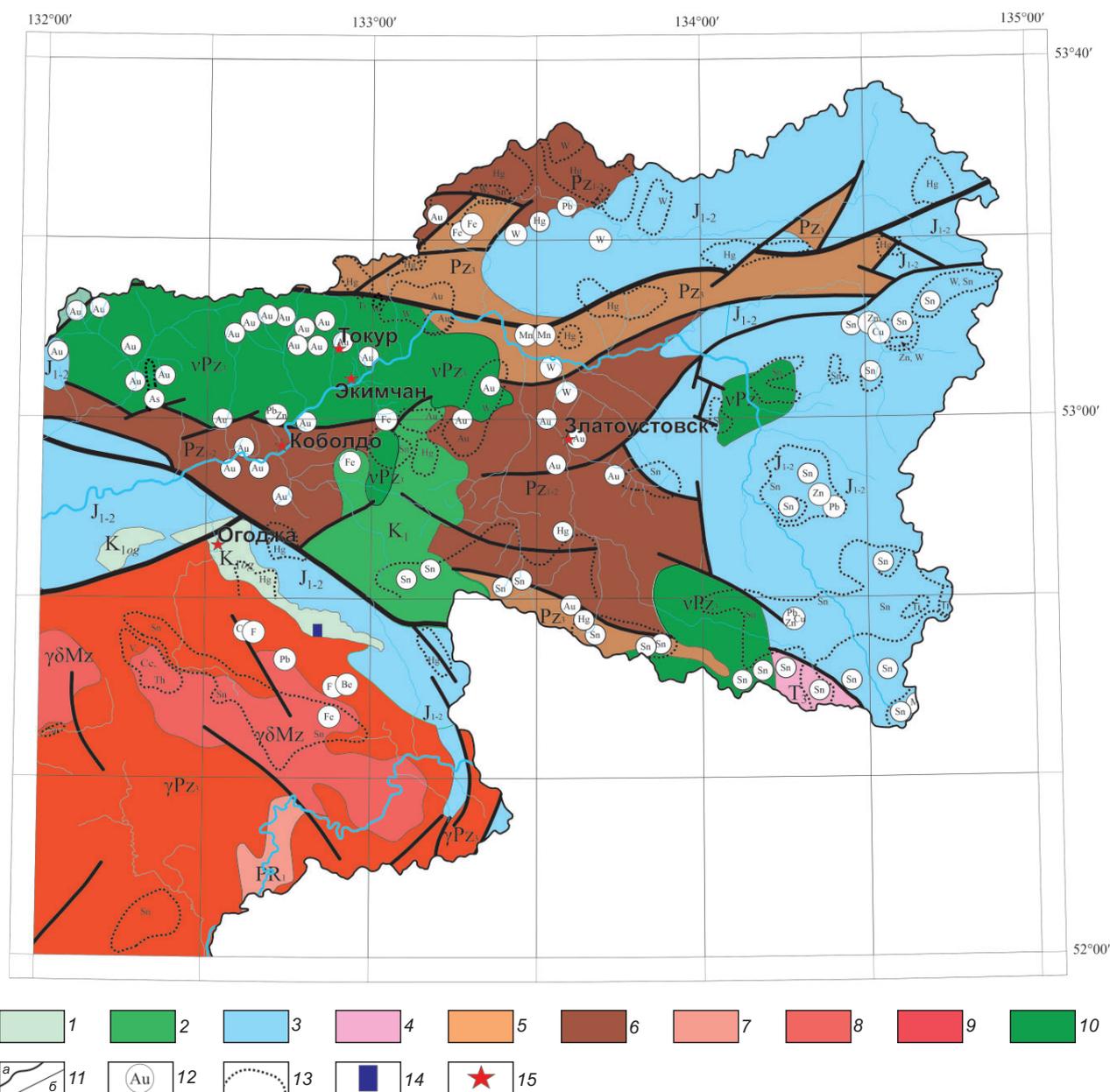


Рис. 3. Схема геологического строения Огоджино-Кербинского региона. По [13], с обобщениями:

1 – огоджинская свита (песчаники, алевролиты, углистые алевролиты и сланцы (с пластами каменного угля), K_1og); 2–8 – толща: 2 – раннемеловых кварцевых порфиров, порфиров и их туфов (K_1), 3 – нижне-верхнеюрских песчаников, алевролитов, глинистых сланцев (J_{1-2}), 4 – верхнетриасовых песчаников, прослоев алевролитов, седиментационных брекчий (T_3), 5 – верхнепалеозойских серицит-кварцевых сланцев, серицитизированных песчаников (PZ_3), 6 – нижне-среднепалеозойских кварц-сланцевых сланцев, кварц-полевошпатовых песчаников (PZ_{1-2}), 7 – нижнепротерозойских биотит-хлорит-роговообманковых, биотит-хлорит-гранатовых гнейсов (PR_{1-2}), 8 – мезозойских гранодиоритов, гранит-порфиров, кварцевых порфиров, туфы ($\gamma\delta Mz$); 9 – позднепалеозойские двуслюдяные граниты (γPZ_3); 10 – позднепалеозойские метаморфизованные габбро (νPZ_3); 11 – тектонические нарушения: а – региональные, б – локальные; 12 – месторождения и рудопроявления полезных ископаемых; 13 – ореолы рассеяния рудных элементов; 14 – место отбора проб; 15 – населённые пункты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анойкин А. К.* Карта полезных ископаемых СССР и объяснительная записка. Масштаб 1 : 20 000. Лист N-53-XXVII. Серия Удская / Ред. Л. И. Красный. – М. : Аэрогеология, 1978. – 106 с.
2. *Арбузов С. И., Ершов В. В.* Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск : Д-Принт, 2007. – 468 с.
3. *Арбузов С. И., Ершов В. В., Поцелуев А. А.* [и др.] Редкие элементы в углях Кузнецкого Бассейна. – Кемерово : Издательство Кемеровский полиграфкомбинат, 2000. – 248 с.
4. *Арбузов С. И., Ершов В. В., Рихванов Л. П.* [и др.] Редкометалльный потенциал Минусинского бассейна. – Новосибирск : изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2003. – 347 с.
5. *Белозеров Н. И., Савченко И. Ф., Гиренко И. В.* Путь органического вещества континентальных осадков на примере Амуро-Зейского бассейна (Верхнее Приамурье) // Отечественная геология. – 2018. – № 3. – С. 78–84.
6. *Беус А. А., Григорян С. В.* Геохимические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. – М. : Недра, 1975. – 280 с.
7. *Брагинский С. М.* Карта полезных ископаемых и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXXI. Серия Хингано-Буреинская / Ред. А. П. Глушков. – М. : Всесоюзный геол. фонд, 1971. – 92 с.
8. *Васильев И. Н., Капанин В. Н., Ковтонюк Г. П.* Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. – Благовещенск : Комитет природных ресурсов Амурской области, 2000. – 168 с.
9. *Вьюнов Д. Л.* Прогнозно-геохимическая оценка металлоносности Верхнего Приамурья : специальность 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» : дис. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Дмитрий Леонидович Вьюнов. – Благовещенск : НИИ ДВО РАН, 2005. – 102 с.
10. *Вьюнов Д. Л., Варнавский А. В.* Геохимическая и геофизическая основа геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 листов N-51, N-52, M-52. – Книга 1. – Благовещенск : ФГУГП Амургеология, 2003. – 116 с.
11. *Егоров А. К.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXV. Серия Удская / Ред. Э. Л. Школьник. – М. : Недра, 1968. – 105 с.
12. *Зубков И. Ф.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXVI. Серия Удская / Ред. С. А. Музылёв. – Л. : ВСЕГЕИ, 1981. – 106 с.
13. *Красный Л. И., Вольский А. С., Пэн Юньбяо* [и др.] Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1 : 2 500 000. Объяснительная записка. – Санкт-Петербург; Благовещенск; Харбин : МПР РФ; Минресурсов КНР, 1999. – 135 с.
14. *Мамонтов Ю. А.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XX. Серия Удская / Ред. А. П. Глушков. – М. : Всесоюзный геол. фонд, 1975. – 108 с.
15. *Машиковцев Г. А., Быховский Л. З., Дауев Ю. М.* [и др.] Основные проблемы использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в XXI в. // Докл. междунар. симпоз. 5–9 окт. 1998 г. «Минеральное сырьё». – М. : ВИМС, 2000. – № 6. – С. 13–23.
16. *Сорокин А. П., Агеев О. А., Дугин С. В., Попов А. А.* Металлоносность бурых углей Райчихинского месторождения (Приамурье, Дальний Восток) – условия накопления, распределения, перспективы освоения (обзор) // Химия твёрдого топлива. – 2023. – № 1. – С. 13–31.
17. *Сорокин А. П., Белозеров Н. И., Попов А. А.* Формы нахождения и условия переноса рудных компонентов в бурые угли в зонах контрастных форм сопряжения осадочных бассейнов и горноскладчатых сооружений (на примере Зейско-Буреинского бассейна и Туранского массива) (Дальний Восток, Россия) // Тихоокеанская геология. – 2001. – Т. 40, № 6. – С. 33–42.
18. *Стратегия* развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 г. : [Монография] / Отв. ред. А. П. Сорокин. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – 112 с.
19. *Тоноян Р. М.* Карта полезных ископаемых СССР и пояснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXXII. Серия Хингано-Буреинская / Ред. Л. И. Красный. – М. : Недра, 1965. – 84 с.
20. *Угольная база России.* Том V. Книга 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока (Хабаровский край, Амурская область, Приморский край, Еврейская АО) / В. Ф. Череповский. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 1997. – 371 с.
21. *Хохлов Э. П.* Карта полезных ископаемых СССР и объяснительная записка. Масштаб 1 : 200 000. Лист N-53-XXXIII. Серия Хингано-Буреинская / Ред. М. И. Ициксон. – М. : Всесоюзный геол. фонд, 1971. – 120 с.

REFERENCES

1. *Anoykin A. K.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i ob»yasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 20 000. List N-53-XXVII. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1 : 20,000. Sheet N-53-XXVII. Udskaya series], ed. L. I. Krasnyy, Moscow, Aerogeologiya publ., 1978, 106 p. (In Russ.)
2. *Arbuzov S. I., Yershov V. V.* Geokhimiya redkikh elementov v uglyakh Sibiri [Geochemistry of rare elements in Siberian coals], Tomsk, D-Print publ., 2007, 468 p. (In Russ.)
3. *Arbuzov S. I., Yershov V. V., Potseluyev A. A.* [et al.] Redkiye elementy v uglyakh Kuznetskogo Basseyna [Rare elements in coals of the Kuznetsk Basin], Kemerovo, Izdatel'stvo Kemerovskiy poligrafkombinat publ., 2000, 248 p. (In Russ.)
4. *Arbuzov S. I., Yershov V. V., Rikhvanov L. P.* [et al.] Redkometall'nyy potentsial Minusinskogo basseyna [Rare metal potential of the Minusinsk basin], Novosibirsk, izd-vo SO RAN, filial "GEO" publ., 2003, 347 p. (In Russ.)
5. *Belozarov N. I., Savchenko I. F., Girenko I. V.* Put' organicheskogo veshchestva kontinental'nykh osadkov na primere Amuro-Zeyskogo basseyna (Verkhneye Priamur'ye) [The path of organic matter of continental sediments on the example of the Amur-Zeya basin (Upper Amur region)], *Otechestvennaya geologiya [Domestic Geology]*, 2018, No. 3, pp. 78–84. (In Russ.)
6. *Beus A. A., Grigoryan S. V.* Geokhimicheskiye metody poiskov i razvedki mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh [Geochemical methods of prospecting and exploration of mineral deposits], Moscow, Nedra publ., 1975, 280 p. (In Russ.)
7. *Braginskiy S. M.* Karta poleznykh iskopayemykh i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXXI. Seriya Khingano-Bureinskaya [Map of mineral resources and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXXI. Khingan-Bureinskaya Series], ed. A. P. Glushkov, Moscow, Vsesoyuznyy geol. fond publ., 1971, 92 p. (In Russ.)
8. *Vasil'yev I. N., Kapanin V. N., Kovtonyuk G. P.* Mineral'no-syr'yevaya baza Amurskoy oblasti na rubezhe vekov [Mineral resource base of the Amur region at the turn of the century], Blagoveshchensk, Komitet prirodnnykh resursov Amurskoy oblasti publ., 2000, 168 p. (In Russ.)
9. *V'yunov D. L.* Prognozno-geokhimicheskaya otsenka metallonosnosti Verkhnego Priamur'ya [Predictive and geochemical assessment of metal content of the Upper Amur region], Blagoveshchensk, NII DVO RAN publ., 2005, 102 p. (In Russ.)
10. *V'yunov D. L., Varnavskiy A. V.* Geokhimicheskaya i geofizicheskaya osnova geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1, 1 000 000 listov N-51, N-52, M-52, Kniga 1 [Geochemical and geophysical basis of the geological map of the Russian Federation scale 1, 1,000,000 sheets N-51, N-52, M-52, Book 1], Blagoveshchensk, FGUGP Amurgeologiya publ., 2003, 116 p. (In Russ.)
11. *Yegorov A. K.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXV. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXV. Udskaya series], ed. E. L. Shkol'nik, Moscow, Nedra publ., 1968, 105 p. (In Russ.)
12. *Zubkov I. F.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXVI. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXVI. Udskaya series], ed. S. A. Muzylov, Leningrad, VSEGEI publ., 1981, 106 p. (In Russ.)
13. *Krasnyy L. I., Vol'skiy A. S., Pen Yun'byao* [et al.] Geologicheskaya karta Priamur'ya i sopredel'nykh territoriy. Masshtab 1, 2 500 000. Obyasnitel'naya zapiska [Geological map of the Amur region and adjacent territories. Scale 1, 2,500,000. Explanatory note], Sankt-Peterburg; Blagoveshchensk; Kharbin, MPR RF; Minresursov KNR publ., 1999, 135 p. (In Russ.)
14. *Mamontov Yu. A.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XX. Seriya Udskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XX. Udskaya series], ed. A. P. Glushkov, Moscow, Vsesoyuznyy geol. fond publ., 1975, 108 p. (In Russ.)
15. *Mashkovtsev G. A., Bykhovskiy L. Z., Dauev Yu M.* [et al.] Osnovnyye problemy ispol'zovaniya i razvitiya mineral'no-syr'yevoy bazy redkikh metallov v KHKHI veke [The main problems of the use and development of the mineral resource base of rare metals in the 21st century], *Dokl. Mezhdunar. Simpoz. 5–9 okt. 1998 g. "Mineral'noye syr'yo"*, No. 6, Moscow, VIMS publ., 2000, pp. 13–23. (In Russ.)
16. *Sorokin A. P., Ageyev O. A., Dugin S. V., Popov A. A.* Metallonosnost' burykh ugley Raychikhinskogo mestorozhdeniya (Priamur'ye, Dal'niy Vostok) 6 usloviya nakopleniya, raspredeleniya, perspektivy osvoeniya (obzor) [Metal content of brown coals of the Raichikhinsky deposit (Amur region, Far East) 6 conditions of accumulation, distribution, development prospects (review)], *Khimiya tvordogo topliva*, 2023, No. 1, pp. 13–31. (In Russ.)
17. *Sorokin A. P., Belozarov N. I., Popov A. A.* Formy nakhozhdeniya i usloviya perenosa rudnykh komponentov v buryye ugli v zonakh kontrastnykh form

- sopryazheniya osadochnykh basseynov i gornoskladchatykh sooruzheniy (na primere Zeysko-Bureinskogo basseyna i Turanskogo massiva.) (Dal'niy Vostok, Rossiya) [Forms of occurrence and conditions for the transfer of ore components into brown coals in zones of contrasting forms of conjugation of sedimentary basins and mountain-fold structures (using the example of the Zeya-Bureya basin and the Turan massif.) (Far East, Russia)], *Tikhookeanskaya geologiya*, 2001, V. 40, No. 6, pp. 33–42. (In Russ.)
18. *Strategiya razvitiya toplivno-energeticheskogo potentsiala Dal'nevostochnogo ekonomicheskogo rayona do 2020 g.*, Monografiya [Strategy for the development of fuel and energy potential of the Far Eastern economic region until 2020, Monograph], ed. A. P. Sorokin, Vladivostok, Dal'nauka publ., 2001, 112 p. (In Russ.)
 19. *Tonoyan R. M.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i poyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXXII. Seriya Khingano-Bureinskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXXII. Khingan-Bureinskaya Series], ed. L. I. Krasnyy, Moscow, Nedra publ., 1965, 84 p. (In Russ.)
 20. *Ugol'naya baza Rossii*. Tom V. Kniga 1. Ugol'nyye basseyny i mestorozhdeniya Dal'nego Vostoka (Khabarovskiy kray, Amurskaya oblast', Primorskiy kray, Yevreyskaya AO) [Coal base of Russia. Volume V. Book 1. Coal basins and deposits of the Far East (Khabarovsk Territory, Amur Region, Primorsky Territory, Jewish Autonomous Okrug)], V. F. Cherepovskiy, Moscow, Geoinformmark publ., 1997, 371 p. (In Russ.)
 21. *Khokhlov E. P.* Karta poleznykh iskopayemykh SSSR i obyasnitel'naya zapiska. Masshtab 1, 200 000. List N-53-XXXIII. Seriya Khingano-Bureinskaya [Map of mineral resources of the USSR and explanatory note. Scale 1, 200 000. Sheet N-53-XXXIII. Khingan-Bureinskaya Series], Red. M. I. Itsikson. Moscow, Vsesoyuznyy geol. fond publ., 1971, 120 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 26.01.24; одобрена после рецензирования 06.03.24; принята к публикации 06.03.24.
The article was submitted 26.01.24; approved after reviewing 06.03.24; accepted for publication 06.03.24.