

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

№ 2 / 2022

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

Н.В.Милетенко (зам. главного редактора),
Т.М.Папеско (зам. главного редактора),
А.И.Черных (зам. главного редактора)

Е.М.Аксенов, А.И.Варламов, С.С.Вартанян,
А.И.Жамойда, А.А.Кременецкий, М.И.Логвинов,
Г.А.Машковцев, Н.В.Межеловский, И.Ф.Мигачёв,
А.Ю.Розанов, Г.В.Седельникова, И.Г.Спиридонов,
В.И.Старостин, Е.Г.Фаррахов

Содержание

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Алексеев Я. В., Заскин Е. С., Конкина О. М.

Сырьевая база металлов платиновой группы России: состояние, освоение и перспективы развития до 2040 года 3

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кудрявцева Н. Г., Кузнецов В. В., Серавина Т. В.

Геодинамические обстановки формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая 12

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

Бондаренко Н. В., Шатилова Л. В., Позднякова Н. Н., Ковальчук Е. В.

Типоморфные признаки самородного золота Учуйского рудного узла (Адыча-Тарынская зона, республика Саха (Якутия)) 24

Минькин К. М.

Типизация вулканогенных отложений каменноугольного комплекса пород Миндяжской грабен-синклинали Вознесенско-Присакмарской структурно-формационной зоны Южного Урала 35

ИНФОРМАЦИЯ

Аксёнов Е. М., Беляев Е. В., Антонов В. А.

Роль АО «ЦНИИГеолнеруд» в изучении минерально-сырьевой базы неметаллов Северного Кавказа 53

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Летников Ф. А., Лось В. Л., Калиниченко Л. С., Козлянинов Д. М., Моргунова Т. В., Сидорова Е. В.

«Геолог первым прикасается к тайне золота». К 90-летию со дня рождения В. А. Нарсеева 68

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 19.05.2022

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»

Сырьевая база металлов платиновой группы России: состояние, освоение и перспективы развития до 2040 года

Показаны состояние, структура воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) металлов платиновой группы (МППГ) в 2005–2020 гг. и прогноз её развития до 2040 г. Проведён анализ движения запасов и их погашения по типам месторождений.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, МППГ, запасы, добыча, погашение, приросты запасов, прогноз, обеспеченность запасами.

АЛЕКСЕЕВ ЯРОСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом, alekseev@tsnigri.ru

ЗАСКИНД ЕВСЕЙ СОХОРОВИЧ, старший научный сотрудник, zaskind@tsnigri.ru

КОНКИНА ОЛЬГА МИХАЙЛОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией, okonkina@tsnigri.ru

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

Mineral resource base of platinum group metals in Russia: state, development and prospects until 2040

Ya. V. ALEKSEEV, E. S. ZASKIND, O. M. KONKINA

FSBI TSNIGRI, Moscow

In this work, we present the state and reproduction structure of the mineral resource base (MRB) of platinum group metals (PGM) from 2005 to 2020 as well as a forecast of its development up to 2040. Moreover, the analysis the movement of reserves and their redemption by types of deposits was carried out.

Key words: mineral resource base, PGM, reserves, production, redemption, reserves growth, forecast, reserves endowment.

Металлы платиновой группы (МППГ) входят в перечень стратегических видов минерального сырья и в соответствии со Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года относятся к полезным ископаемым первой группы, сырьевая база которых по качеству и количеству достаточна для обеспечения потребностей экономики в долгосрочной перспективе при любых сценариях развития и не требует в долгосрочной перспективе проведения активных геологоразведочных работ для её расширения. Целевое значение показателей воспроизводства установлено на уровне 50 %, что позволит поддержать достигнутые уровни добычи на протяжении многих десятилетий. Масштаб действующего производства позволяет нашей стране сохранять на длительную перспективу позицию второго в мире поставщика рафинированных платиноидов, а суще-

ственное преобладание палладия в составе руд эксплуатируемых объектов определяет первое место в мире по его производству.

По состоянию на 01.01.2021 минерально-сырьевая база МППГ насчитывает 146 месторождений с общими балансовыми запасами категории $A + B + C_1 + C_2$ 15,897 тыс. т, добыча в 2020 г. составила 148,7 т. Запасы практически полностью сосредоточены в 35 коренных месторождениях – 15,855 тыс. т, разработка восьми из которых обеспечила 99,7 % добычи. Доля запасов 111 россыпных месторождений ничтожно мала – 0,3 % запасов и добычи (табл. 1). Кроме того, в пяти техногенных месторождениях учтены 208,4 т МППГ.

Основную часть запасов россыпных месторождений составляют запасы собственно платиновых россыпей – 39,7 т (92,7 %): Свердловской области (42,4 %),

1. Показатели использования и воспроизводства месторождений МПГ за 2006–2020 гг.

Показатели	Месторождения						
	Всего	Россыпные	Всего	Коренные			Прочие*
				Собственно платиностагилльные	Платиноидно-медно-никелевые	С полутными МПГ Медно-никелевые	
	Число месторождений (в скобках разрабатываемые согласно статусу по Госбалану)						
на начало периода (01.01.2006)	102 (21)	85 (13)	17 (8)	0	6 (3)	9 (4)	2 (1)
на конец периода (01.01.2021)	146 (41)	111 (33)	35 (8)	10	8 (3)	14 (4)	3(1)
	Добыча годовая, т (%)						
на начало периода (2006)	156,4	7,1	149,4		148,6	0,6	0,07
на конец периода (2020)	148,7	0,5	148,2		147,7	0,4	0,15
Накопленное погашение, т (добыча, включая потери)	2298,0	69,6	2228,4		2216,6	10,7	1,1
Среднее погашение за год, т	153,2	4,6	148,6		147,77	0,71	0,07
	Балансовые запасы, т						
на начало периода (01.01.2006)	13 202,2	31,2	13 170,9		13074,0	59,8	37,2
в том числе разрабатываемых месторождений	8333,2	16,3	8316,8		8274,4	42,1	0,3
на конец периода (01.01.2021)	15897,9	42,8	15855,2	584,6	14915,2	341,1	14,2
в том числе разрабатываемых месторождений	8761,7	28,6	8733,2		8705,8	23,1	4,3
Отношение балансовых запасов на конец и начало периода (в скобках разрабатываемые месторождения)	1,20 (1,05)	1,37 (1,75)	1,20 (1,05)		1,14(1,05)	5,7 (0,55)	0,38 (13,0)

Окончание таблицы 1

Показатели	Месторождения					
	Коренные		Типы			
	Всего	Россышные	Всего	Собственно платинометаллические	Платиноидно-медно-никелевые	С полутными МПГ Медно-никелевые Прочие*
	Обеспеченность запасами добычи, лет					
на начало периода	84	4	88		88	93
в том числе разрабатываемых месторождений	53	2	56		56	65
на конец периода	107	91	107		101	855
в том числе разрабатываемых месторождений	59	61	59		59	58
Прирост запасов, т	4 993,7	81,1	4 912,6	584,6	4 057,9	292,0
в том числе разрабатываемых месторождений	2 726,6	81,8	2 644,7		2 648,0	-8,3
Воспроизводство запасов – коэффициент компенсации накопленного погашения приростом запасов (в скобках разрабатываемые месторождения)	2,17 (1,19)	1,17 (1,18)	2,20 (1,19)		1,83 (1,19)	27,3 (-0,78)
						-20,0 (4,60)

Примечание. *разрабатываемое Волковское ванадиево-железо-медное, не переданное в освоение Падминское уран-ванадиевое и разведываемое Чинейское медно-сульфидное с балансовыми запасами.

Камчатского (26,8%), Хабаровского (18,9%), Красноярского (3,4%) краёв и Пермской области (1%), обеспечивающих 93% добычи шлиховой платины. За анализируемый период на фоне роста запасов МПГ россыпей произошло резкое снижение их добычи с 7054 кг в 2006 г. до 469 кг в 2020 г. (см. табл. 1). Это обусловлено существенным снижением содержания платины в запасах наиболее богатых россыпей Камчатского (в 4,2 раза) и Хабаровского (в 5,6 раз) краёв. Прирост запасов россыпей за 2020 г. составил 3096 кг со средним содержанием 0,205 г/т, в том числе по Свердловской области – 2900 кг с содержанием 0,287 г/т. По россыпям Дальневосточного ФО прирост запасов всего 196 кг с содержанием 0,039 г/т.

Балансовые запасы коренных месторождений МПГ учтены на территориях 8 субъектов РФ (табл. 2). В балансовых запасах коренных месторождений основными компонентами являются палладий (72,5% запасов) и платина (22,7%); прочие платиноиды – попутные (в%): родий (2,1), рутений (1,8), иридий (0,5), осмий (0,4). Добыча МПГ осуществляется только в четырёх субъектах: на трёх платиноидно-медно-никелевых месторождениях Норильского района Красноярского края (99,3% общероссийской), трёх медно-никелевых Мурманской области (0,25%), одном медно-никелевом Камчатской области (0,02%) и одном ванадиево-железо-медном Свердловской области (0,1%).

Ввиду определяющей роли коренных месторождений в настоящем анализе внимание уделено 32 рудным месторождениям, представленным десятью собственно платинометалльными (3,7% балансовых запасов), восьмью комплексными платиноидно-медно-никелевыми (94,1%) и четырнадцатью МПГ-содержащими медно-никелевыми (2,2%). Прочие коренные месторождения с попутными МПГ (ванадиево-железо-медное, уран-ванадиевое и медно-сульфидное), суммарные балансовые запасы которых составляют 0,1%, как и россыпные месторождения, выведены за рамки дальнейшего рассмотрения.

Подавляющая часть запасов коренных МПГ сосредоточена в восьми комплексных платиноидно-медно-никелевых месторождениях Норильского района, в которых платиноиды составляют до 70% от общей стоимости товарной продукции, благодаря чему они и выделяются в особый тип комплексных месторождений. Пять месторождений этого типа – Октябрьское, Талнахское, Норильск-1, Масловское и Черногорское – составляют группу главнейших месторождений МПГ отечественной МСБ. Месторождения Октябрьское, Талнахское и северная часть Норильска-1 отрабатываются шестью рудниками ПАО ГМК «Норильский никель» с обеспеченнос-

тью запасами кат. А + В + С₁, исходя из проектной производительности, от 43 до 100 и более лет.

Запасы Черногорского и южной части месторождения Норильск-1 подготавливаются к освоению дочерними предприятиями ГК «Русская платина».

В нераспределённом фонде находятся три крупных по запасам забалансовых месторождения: Норильск-2 (83,4 т), Горозубовское (92,9 т) и Средне-Вологодчанская площадь (354,1 т). Необходимо отметить, что технико-экономические расчёты промышленной значимости этих месторождений выполнены при несопоставимо низких с текущими ценах всех полезных компонентов (особенно палладия). С учётом современной конъюнктуры цен переоценка запасов этих месторождений, скорее всего, даст положительный результат и послужит основанием для формирования фонда лицензирования с целью доразведки и постановки на государственный учёт балансовых запасов этих объектов по примеру Черногорского месторождения.

Суммарные запасы десяти собственно платинометалльных месторождений Мурманской области (6) Республики Карелия (2), Свердловской области (1) и Хабаровского края (1) составляют всего 3,7% от общероссийских (584,6 т). Однако в региональных сырьевых базах Северо-Западного федерального округа и Хабаровского края этот тип месторождений играет ведущую роль: 93,8 и 71,8% балансовых запасов. В распределённом фонде находятся запасы шести разведываемых месторождений (420,7 т – 72%): Северный Каменник, Федорова Тундра, Мончетундровское Мурманской области (389,6 т), Викша Республики Карелии (9,9 т), Вересоборское Свердловской области (0,6 т), Кондер Хабаровского края (20,7 т). Более половины запасов нераспределённого фонда (63,5%) сконцентрировано в месторождении Вуручайвенч Мурманской области (104,2 т), суммарные запасы остальных месторождений – Восточное Чуарвы, Киевей, Шалозерское (участок Кукручей) – составляют 59,7 т.

Суммарные запасы 14 медно-никелевых месторождений Воронежской (2), Мурманской (8) и Амурской (1) областей, Красноярского (2) и Камчатского (1) краёв составляют 341 т – 2,2% от общероссийских, но для региональных сырьевых баз Воронежской (7,7 т) и Амурской (15,8 т) областей являются единственными источниками МПГ. Все запасы МПГ медно-никелевых месторождений находятся в распределённом фонде. Разрабатываются четыре месторождения – 6,8% запасов: Ждановское, Заполярное, Тундровое Мурманской области (АО «Кольская ГМК», дочернее общество ПАО ГМК «Норильский никель»), а также часть запасов месторождения Шануч Камчатского края (ЗАО НПК «Геотехнология»); добыча



Рис. 1. Приросты запасов МПГ на рудных месторождениях в 2006–2020 гг., т

в 2020 г. составила 399 кг – 0,27% от общероссийской. Разведывается месторождение Кун-Манье Амурской области – 4,6% запасов. Остальные запасы (88,6%) подготавливаются к освоению: «Медногорский МСК» – месторождения Еланское, Ёлкинское Воронежской области (2,3%), АО «Кольская ГМК» – Быстринское, Верхнее, Спутник и ООО «Сезар 51» – Аллареченское, Восток Мурманской области (3,8%), ООО «Кингашская ГРК» – Кингашское, Верхнекингашское Красноярского края (82,4%) и ЗАО НПК «Геотехнология» – часть запасов месторождения Шануч (0,1%).

Общий прирост балансовых запасов МПГ за анализируемый период (2006–2020 гг.) составил 4993,7 т, накопленное погашение – 2298 т, в том числе: по россыпным месторождениям – 81,1 и 69,6 т, коренным месторождениям – 4912,1 и 2228,4 т соответственно (по платиноидно-медно-никелевым 4057,9 и 2216,6 т, медно-никелевым 292 и 10,7 т, собственно платинометалльным 584,6 т при отсутствии добычи). Это свидетельствует о расширенном воспроизводстве МСБ МПГ со значительным превышением целевого значения показателя воспроизводства, установленного Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года – 50% (см. табл. 1).

Для оценки структуры прироста балансовых запасов коренные месторождения были разделены на объекты, поставленные на государственный учёт в советский период и отнесённые к «старым», и «новые» – учтённые Госбалансом уже в российский этап развития МСБ платиноидов.

Сравнение значений прироста запасов категорий $A + B + C_1 + C_2$ в целом по РФ (см. рис. 1, табл. 2) показало сопоставимость вклада как «старых» (50,9%), так и «новых» (49,1%) месторождений. Среди объектов СССР платиноидно-медно-никелевые месторождения Норильского промышленного района (НПР) Норильск-1 (северная и южная части), Черногорское,

а также Октябрьское и Талнахское обеспечили формирование всего объёма прироста балансовых запасов. При этом для двух объектов, напротив, отмечено списание запасов, не связанное с добычей. На Волковском ванадиево-железо-медном месторождении в Свердловской области их убыль произошла из-за перевода значительной части балансовых запасов в забалансовые по результатам геолого-экономической переоценки (протокол ГКЗ от 09.10.2018 № 5590). Списание балансовых запасов на Ждановском месторождении в Мурманской области и перевод в забалансовые вызваны их пересчётом по новым условиям (протокол ГКЗ от 23.05.2008 № 238-к).

Среди объектов РФ ведущее положение НПР сохранилось – 63% прироста было сформировано Масловским платиноидно-медно-никелевым месторождением. Вторым по значимости стало собственно платинометалльное месторождение Федорова Тундра в Мурманской области – 14,4%, третью и четвёртую позиции заняли медно-никелевые месторождения Верхнекингашское и Кингашское – 6,7 и 4,9%, расположенные на юге Красноярского края. Остальной объём прироста запасов пришёлся на месторождения различных промышленных типов в Мурманской, Амурской, Воронежской и Свердловской областях, Хабаровском крае и Республике Карелия.

Прирост запасов за 2006–2020 гг. на советских месторождениях незначительно превышает их накопленное погашение, но всё-таки обеспечивает расширенное воспроизводство с двукратным превышением целевого значения показателя воспроизводства, установленным Стратегией (см. табл. 2). Высокое значение показателя воспроизводства на «новых» объектах (чуть менее 3942) обусловлено их нахождением, за исключением месторождения Шануч Камчатского края, в стадии подготовки к промышленному освоению. По мере ввода их в эксплуатацию данный показатель будет снижаться.

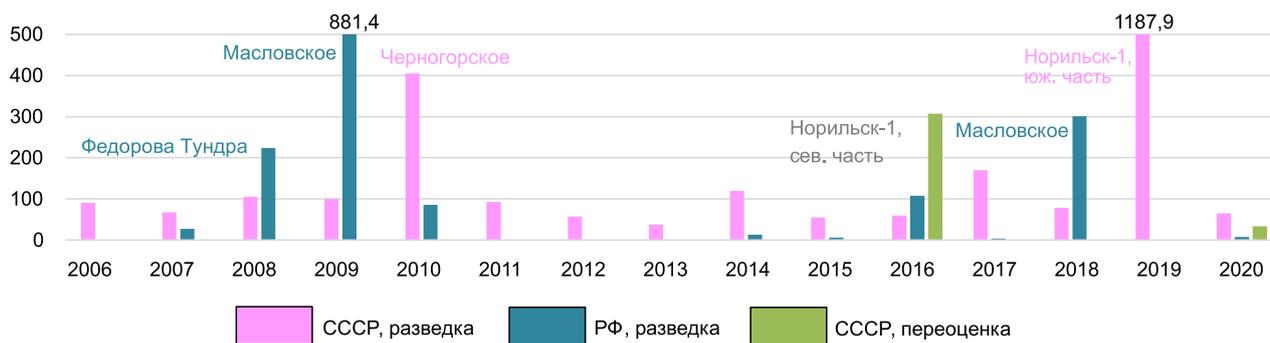


Рис. 2. Структура прироста запасов категорий А + В + С₁ МПГ на рудных месторождениях в 2006–2020 гг., т

В отличие от прироста всех балансовых запасов, в сумме категорий А + В + С₁ позиция советских объектов более значима и составляет 61,9%, российских – 38,1% (рис. 2), что объясняется их активным наращиванием за счёт доразведки известных месторождений НПП. Также советские объекты продолжают характеризоваться более высоким качеством руд (рис. 3). Это обусловлено эксплуатационно-разведочными работами на Октябрьском и Талнахском месторождениях и преобладанием среди приращиваемых запасов руд «медистого» и «сплошного» типа (в сумме в зависимости от года от 82,0 до 99,9%) с высокими содержаниями платиноидов. Выявленное снижение показателя содержаний в отдельные годы определено результатами разведочных работ на участках «вкрапленных» руд как на Октябрьском месторождении, так и на других месторождениях НПП, Черногорском, Норильск-1 (северная и южная части).

Среди «старых» месторождений в 2016 и 2020 гг. отмечены два крупных прироста запасов категорий А + В + С₁ главным образом в северной части месторождения Норильск-1, 294,3 и 33,6 т по причине переоценки. При этом в рассматриваемый период на «новых» объектах аналогичного прироста запасов не произошло. С одной стороны, это выражает адаптацию оценки их запасов современным условиям хозяйствования и рыночной конъюнктуре, с другой, «новые» объекты, за исключением месторождения Шануч, пока не вовлечены в промышленную эксплуатацию. При изменении уровня цен на основные компоненты и начале добычи на «новых» месторождениях их переоценка запасов возможна.

В целом увеличение интереса недропользователей к месторождениям с более бедными содержаниями платиноидов коррелирует с относительно благоприятной конъюнктурой цен на указанные металлы (см. рис. 3). Данный фактор проявился и в постановке и вовлечении в промышленную обработку

техногенных месторождений МПГ, сосредоточенных в НПП, среди которых ведущее положение занимает Хвостохранилище № 1 Норильской обогатительной фабрики (196,1 т, около 94% от запасов этого типа в РФ). Согласно оценке (протокол ГКЗ 5021 от 21.04.2017), в стоимости товарной продукции доля платиноидов (пять компонентов) составляет 70,8%, при этом на ведущие виды – палладий и платину – приходится 33,4 и 29,8%.

Тенденция устойчивого развития состояния МСБ и расширенного её воспроизводства сохранилась и в 2021 году. По результатам доразведки согласно протоколам ФБУ «ГКЗ» уже получены приросты балансовых запасов на российских объектах: платинометалльном месторождении Викша Республики Карелия – 145 т, медно-сульфидном Чинейском (участок Рудный) Забайкальского края – 156,2 т и медно-никелевом Кун-Манье Амурской области – 35,8 т, что в сумме (337 т) значительно выше среднегодового погашения за период 2006–2020 гг. (153,2 т).

Имеющееся различие в уровнях воспроизводства и обеспеченности всех балансовых запасов коренных месторождений и их разрабатываемой части (см. табл. 1) по мере ввода в эксплуатацию новых месторождений, а также вовлечения в обработку участков, находящихся в стадии подготовки и разведки, в перспективе изменится. Восполнение разрабатываемых запасов платиноидно-медно-никелевых месторождений будет обеспечено вводом в эксплуатацию подготавливаемых запасов рудников Глубокий Октябрьского месторождения – 1079,5 т, Северный Талнахского месторождения – 599,3 т и южной части месторождения Норильск-1 – 2484,8 т. Убыль запасов трёх разрабатываемых медно-никелевых месторождений Печенгского района будет восполняться подготавливаемыми запасами месторождений Быстринское, Верхнее и Спутник. Их обработка планируется двумя участками действующего подземного

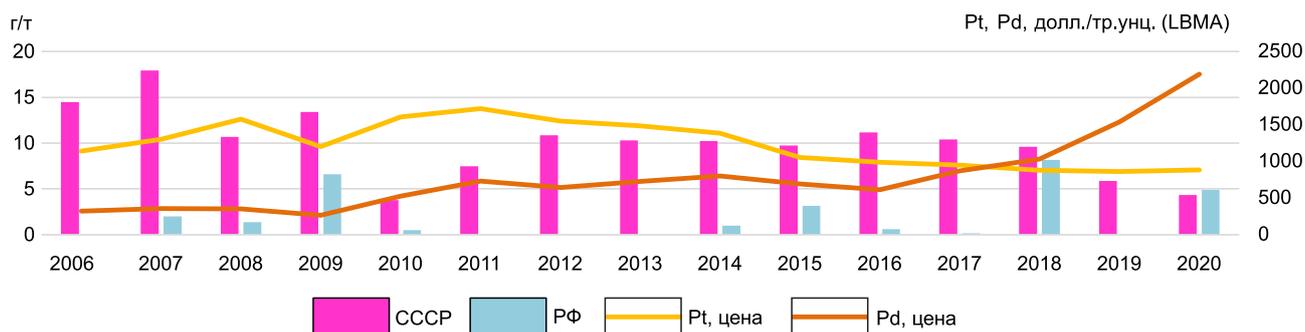


Рис. 3. Качество прироста запасов руд платиноидов категорий А + В + С₁ (среднее по сумме компонентов) на рудных месторождениях в 2006–2020 гг., т. Учтены только месторождения с положительным наращиванием запасов по причине их разведки

рудника Северный: месторождения Быстринское – участком Северным-Глубоким, месторождений Спутник и Верхнее – участком Северным-Заполярым.

Согласно Стратегии, добыча МПГ (по всем типам месторождений) к 2024 году должна достигнуть 176,9 т. Фактические данные за 2020 г. составили 148,7 т, что на 15,2 т меньше запланированной в Стратегии добычи (163,9 т). Прогноз наращивания добычи до 2040 года базируется на утверждённых в ЦКР (ТКР) ТПИ Роснедр проектах освоения подготавливаемых к разработке платиноидно-медно-никелевых месторождений Норильского района Черногорского, Масловского,

Норильск-1 (южная часть), медно-никелевых Еланского и Ёлкинского Воронежской области, Кингашского и Верхнекингашского Красноярского края, а также на возможности вовлечения в освоение, согласно условиям лицензионных соглашений, разведываемых платинометалльных месторождений Федорова Тундра Мурманской области и Викша Республики Карелия. Представленная прогнозная модель добычи МПГ в РФ построена с допущением сохранения уровня добычи 2020 г. по уже эксплуатируемым месторождениям: платиноидно-медно-никелевым – 148 т, медно-никелевым – 0,4 т, россыпям – 0,5 т (рис. 4).

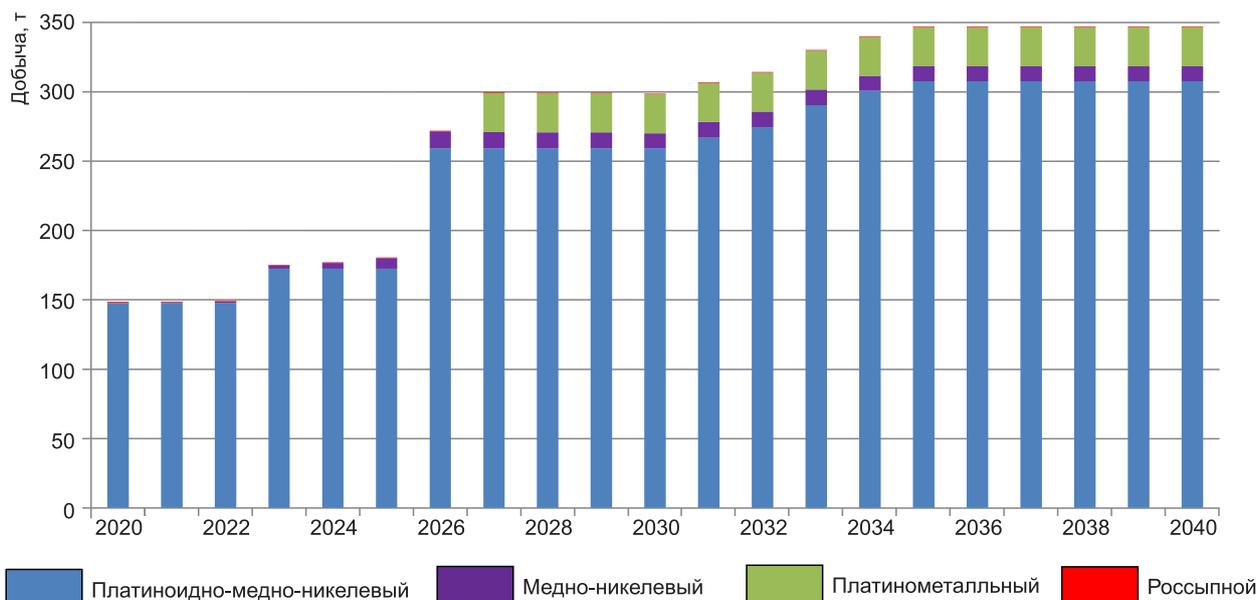


Рис. 4. Прогноз добычи МПГ в Российской Федерации по типам месторождений

Согласно представленной модели, в 2024 г. добыча МПГ достигнет запланированного Стратегией уровня и к 2040 году может составить 347 т.

Резюме. Россия обладает крупной базой МПГ, учтённые балансовые запасы обеспечивают текущую добычу на длительный период – более 80 лет – и в состоянии обеспечить сырьём высокого качества как действующие мощности, так и проектируемые предприятия.

Характерная особенность состояния МСБ МПГ России – высокая степень концентрации запасов в коренных платиноидно-медно-никелевых месторождениях Норильского геолого-экономического района (93,8%) при скромной роли собственных (3,7% балансовых и 2,6% кат. А + В + С₁) и платиносодержащих медно-никелевых (2,1%) месторождений. Россыпные и прочие МПГ-содержащие коренные месторождения (0,4% суммарных запасов) не могут оказать существенного влияния на состояние МСБ РФ.

Перспективы значительного прироста общих балансовых запасов МСБ МПГ за счёт открытия новых платиноидно-медно-никелевых месторождений норильско-талнахского типа, скорее всего, отрицательные по объективным причинам – отсутствию необходимых поисковых признаков за пределами уже известных рудных полей. Все осуществляемые в Норильском районе геологическими службами ПАО «ГМК «Норильский никель» поисковые проекты в целях обнаружения потенциальных месторождений пока не дали положительных результатов. Основной

прирост запасов МПГ будут обеспечивать геолого-разведочные работы на разрабатываемых и подготавливаемых к освоению месторождениях. Кроме того, благоприятная конъюнктура платиновых металлов является основой для положительной экономической переоценки забалансовых запасов трёх месторождений нераспределённого фонда – Норильск-2, Горозубовское, Средне-Вологодчанская площадь, прирост балансовых запасов которых может составить более 500 т.

Созданные в Северо-Западном ФО МСБ собственных платинометалльных месторождений с запасами 551 т, апробированными (741 т) и авторскими (около 500 т) прогнозными ресурсами кат. P₁ + P₂ имеет важное региональное значение. Основная проблема её освоения – низкая заинтересованность потенциальных инвесторов. Намеченная реализация проектов промышленного освоения месторождений Федорова Тундра и Викша может послужить отправной точкой для привлечения инвестиций для освоения других платинометалльных месторождений.

Ресурсный потенциал россыпных месторождений платины практически исчерпан по причине отрицательных перспектив открытия новых коренных источников – экспонированных дунитовых ядер зональных массивов габбро-перидотит дунитовых и щелочно-ультраосновных комплексов. Предполагать рост добычи шлиховой платины до 2040 года нет объективных оснований.

Геодинамические обстановки формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая

Рассмотрены геодинамические обстановки формирования месторождений цветных и благородных металлов на территории Большого Алтая, включающего складчатые системы Юго-Западного Алтая и Иртыш-Зайсанскую. Структуры Юго-Западного Алтая сформированы в три этапа: рифтогенный, островодужный и коллизионный. В рифтогенный этап образованы породы двух разновозрастных формаций: с базальтсодержащей андезит-дацит-риолитовой ассоциирует свинцово-цинковое колчеданное оруденение, а с базальт-риолитовой – медно-свинцово-цинковое колчеданное. В островодужный этап с породами андезидацитов и андезибазальтовой формаций ассоциирует золото-серебро-полиметаллическое оруденение. В коллизионный этап с гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитовой формации связаны месторождения золото-сульфидно-кварцевой и золото-малосульфидно-кварцевой рудных формаций, а с гранит-лейкогранитовой – редкометалльные месторождения. В Иртыш-Зайсанской складчатой системе рифтогенный этап проявлен в Чарском прогибе, выполненном вулканогенно-осадочными и известняково-терригенными породами флишоидной формации и в его восточной фронтальной части, где Калба-Нарымский прогиб сложен породами аспидной формации, а Западно-Калбинский – флишоидной. К нижнекаменноугольным отложениям терригенно-углеродистой формации приурочены золото-сульфидно-кварцевые месторождения. Островодужный этап фиксируется в структурах к западу от Чарского прогиба, где он выражен образованием пород андезибазальтовой и известняково-терригенной формаций (Жарма-Саурская подзона) и карбонатно-терригенной флишоидной (Сарсазанская подзона). В коллизионный этап в связи с образованиями гранит-лейкогранитовой формации проявлены многочисленные редкометалльно-редкоземельные месторождения, а с габбро-гранодиорит-плагиогранитной формацией – золото-кварцевые и медно-порфиновые месторождения.

Ключевые слова: геодинамическая обстановка, цветные металлы, благородные металлы, Большой Алтай.

КУДРЯВЦЕВА НЕЛЛИ ГЕОРГИЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ngkudryavtseva@tsnigri.ru

КУЗНЕЦОВ ВЛАДИМИР ВЕНИАМИНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом, okt@tsnigri.ru

СЕРАВИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель заведующего отделом, seravina@tsnigri.ru

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

Geodynamic settings of the formation of non-ferrous and noble metal deposits of the Great Altai

N. G. KUDRYAVTSEVA, V. V. KUZNETSOV, T. V. SERAVINA

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

In this work, we investigated the geodynamic settings of the formation of non-ferrous and noble metal deposits in the territory of the Great Altai, including the folded systems of the South-Western Altai and the Irtysh-Zaisan. The structures of Southwestern Altai were formed in three stages: riftogenic, island-arc, and collisional. Rocks of two different age formations were formed during the rift stage: lead-zinc pyrite mineralization associated with basalt-bearing andesite-dacite-rhyolitic formations, and gold-silver-polymetallic mineralization associated with basalt-rhyolitic and basaltic andesite formations. In the collisional stage, deposits of gold-sulfide-quartz and gold-low-sulfide-quartz ore formations are associated with granitoid of gabbro-granodiorite-granite formations, and rare-metal deposits are associated with granite-leucogranite. In the Irtysh-Zaisan folded system, the riftogenic stage is occurred in the Chara Trough filled with volcanic-sedimentary and calcareous-terrigenous rocks of the flyschoid formation and in its eastern frontal part, where the Kalba-Narym Trough is composed of rocks of the slate formation, and the West Kalba is composed of flyschoid. Gold-sulfide-quartz deposits are confined to the Lower Carboniferous deposits of the terrigenous-carbonaceous formation. The island-arc stage is fixed in the structures to the west of the Chara Trough, where it is represented by the basaltic andesite formation (Zharma-Saur subzone) and carbonate-terrigenous flyschoid formation (Sarsazan subzone). In the collision stage, due to the development of granite-leucogranite formation, numerous rare-metal-rare-earth deposits have originated. The island-arc structures also contain deposits and occurrences of gold-quartz, copper-porphyry and other formations.

Key words: geodynamic settings, non-ferrous metals, noble metals, Great Altai.

Вопросам геологии и металлогении Большого Алтая посвящён целый ряд работ, преимущественно казахстанских геологов [7, 8, 25, 26, 27]. Большой вклад в изучение этого региона внесли работы Б. А. Дьячкова с соавторами [9–15].

Территория Большого Алтая включает структуры Рудного Алтая и сопредельных территорий – от Горного Алтая до Чингиз-Тарбагатайской области – и по особенностям тектонического строения, истории развития и металлогении отвечает крупной герцинской Зайсанской складчатой системе. Последняя подразделяется на две части: краевую северо-восточную, отвечающую складчатой системе Юго-Западного Алтая, и внутреннюю и краевую юго-западную – Иртыш-Зайсанскую. Складчатая система Юго-Западного Алтая (раннегерцинская) включает следующие структурно-формационные зоны (СФЗ) (с востока на запад): Холзунско-Сарымсактинскую, Белоубинско-Маймырскую, Рудноалтайскую (с подзонами: Лениногорско-Зырянской, Змеиногорско-Быструшинской, Алейской) и Иртышскую. Иртыш-Зайсанская складчатая система (позднегерцинская) включает Калбинскую СФЗ с подзонами Калба-Нарымской и Западно-Калбинской и Жарма-Саурскую с подзонами: Чарской, Жарма-Саурской и Сарсазанской (см. рисунок).

Складчатая система Юго-Западного Алтая. Восточная краевая система (или складчатая система Юго-Западного Алтая) ограничена Локтево-Караиртышским глубинным разломом на востоке и Иртышским на западе. Она развилась на пассивной окраине Алтае-Саянского континента [23], структурно-формационные комплексы которого представлены кремнисто-терригенными формациями венд-раннепалеозойского-силурийского возраста, пронизанными позднекаледонскими (досреднедевонскими) гранитоидами, то есть территория Рудноалтайской провинции уже в начале девона сформировалась на коре континентального типа.

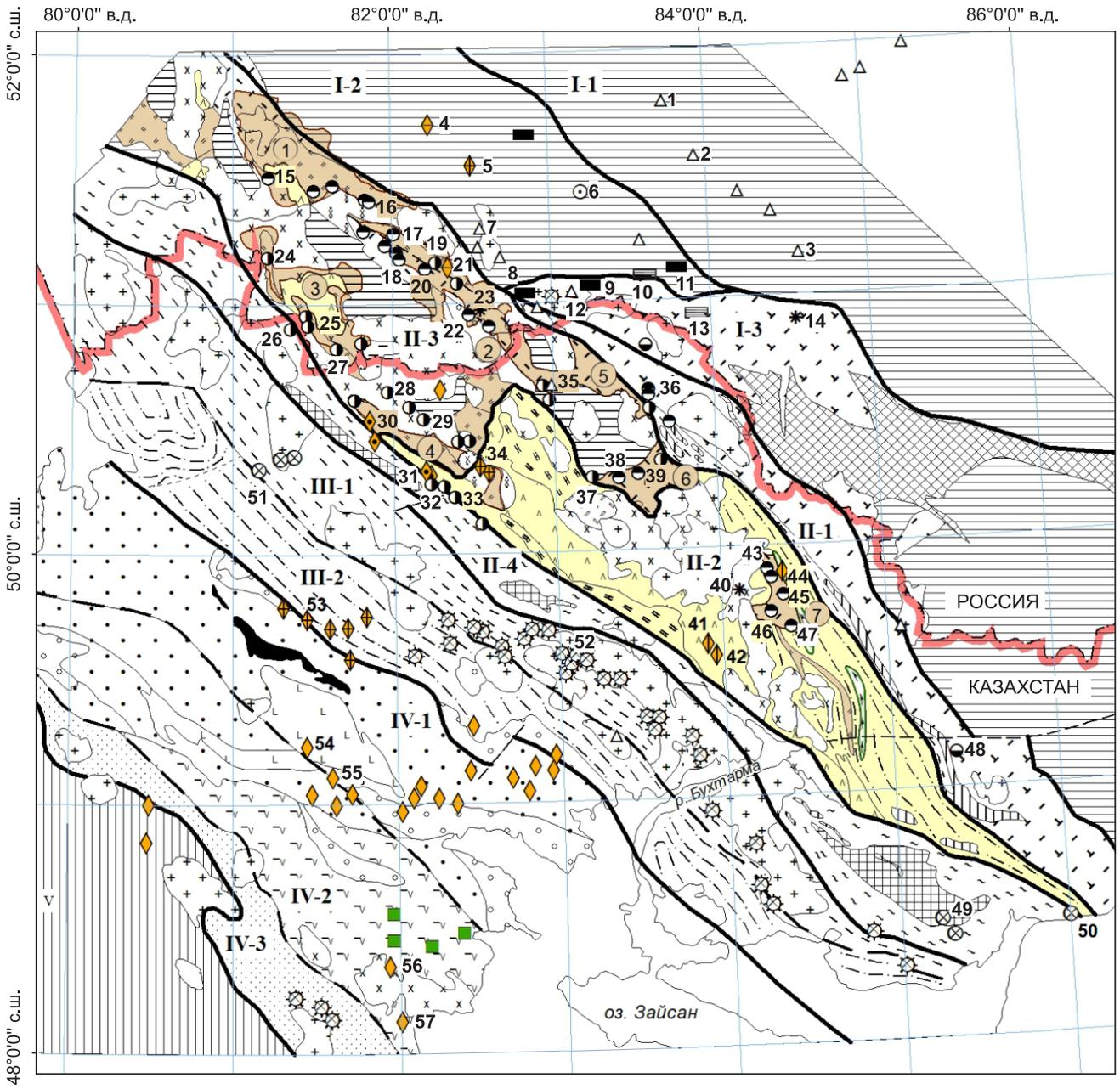
В конце раннего–начале среднего девона в связи с расширением Зайсанской геосинклинальной области древнее поднятие подверглось процессам тектонической деструкции. В позднеэмское–эйфельское время весь блок земной коры переходного и континентального типов между вышеназванными глубинными разломами характеризовался преобладанием обстановки тектонического растяжения и был охвачен дифференцированным погружением. Анализ развития структур, а также латерально-вертикальных рядов геологических формаций позволил авторам выделить три основных этапа формирования складчатой системы Юго-Западного Алтая, отвечающих различным геодинамическим режимам её развития [19, 20]. Первый этап охватывает промежуток времени от раннего девона до франского века и обусловлен процес-

сами континентального рифтогенеза, второй – от фаменского века до раннего карбона (серпуховский ярус) и соответствует островодужным обстановкам и третий – коллизионный – от среднего карбона до перми. При этом латеральный ряд последовательно формирующихся структур первого этапа развивается с востока на запад, а второго – с запада на восток.

Рифтогенный этап (D_1e-D_3f) начинается с формирования северо-восточного рифта [8], осевая часть которого соответствует Коргонскому прогибу, входящему в состав Коргонско-Теректинской СФЗ, и Холзунско-Сарымсактинскому, отвечающему одноимённой СФЗ. Заложение первого прогиба отмечается с раннего девона, второго – с эмского времени. Прогибы характеризуются значительными мощностями (6000–7500 м) выполняющих их осадочно-вулканогенных толщ. В основании разреза развиты континентальные красноцветные и пестроцветные карбонатно-терригенные отложения, которые выше сменяются морскими вулканогенно-осадочными, объединяемыми в известняково-кремнисто-терригенную риолит-трахидацит-трахириолитовую формацию со стратиформным свинцово-цинковым и железомарганцевым оруденением. Развитие прогибов завершается практически одновременно в раннем живете, и начинается погружение на территорию Лениногорско-Зырянской и Змеиногорско-Быструшинской подзон Рудноалтайской СФЗ, где мощность осадочно-вулканогенных толщ составляет от 4000 до 5500 м. Прогибы характеризуются наличием во внутренних частях крупных продольных поднятий, сложенных нижнепалеозойскими отложениями. В бортах прогибов развиты вулканогенно-осадочные породы базальт-риолитовой формации, определяющей металлогеническую специализацию Рудного Алтая на колчеданно-полиметаллическое оруденение.

В западной части Рудноалтайской СФЗ отмечается Юго-Западный рифт, хорошо проявленный в Прииртышском районе, территориально совпадающий с юго-западным крылом Алейского антиклинория, где мощность вулканогенно-осадочных толщ достигает 4000 м [8]. Время формирования прогиба – эмский ярус нижнего девона до франского века верхнего девона. Вулканогенно-осадочные породы, слагающие данный прогиб, также относятся к базальт-риолитовой формации, но значительно отличающейся от развитой в северо-восточной рифтовой зоне. Если проанализировать возрастной диапазон отложений этой формации в направлении с юго-востока на северо-запад, то можно увидеть, что в пределах Северо-Восточного рифта он соответствует эмсу–раннему живету (Лениногорско-Зырянская подзона), а в пределах Юго-Западного – позднему живету–франу (Алейская подзона). В этом же направлении

Месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых



Структурно-формационная и металлогеническая схематическая карта Большого Алтая. Составлена с использованием геологических карт Казахстана [3, 4]:

геологические формации: 1 – гранитовая и лейкогранитовая (Р), 2 – трахириолит-дацитовая (рудноалтайская СФЗ, сержинская свита, вулканы, C_3-P), 3 – габбро-гранодиорит-гранитная (C_{2-3}), 4 – габбро-диорит-плагиогранит-гранитная (C_{2-3}), 5 – молассовая лимническая угленосная (C_2), 6 – известково-терригенная (флишоидная (Чарская подзона, C_1s), 7 – терригенная андезибазальтовая (Жарма-Саурская СФЗ, $C_1v_{2-3}-s$), 8 – андезибазальтовая (Белоубинско-Маймырская СФЗ, C_1v_{2-3}), 9 – карбонатно-алевропесчаниковая флишоидная (Сарсазанская подзона Жарма-Саурской СФЗ, C_1v_1), 10 – известково-терригенная (Белоубинско-Маймырская СФЗ, C_1t), 11 – флишоидная: а – Белоубинско-Маймырская СФЗ (C_1t_1), б – Западно-Калбинская подзона (C_1v_{2-3}), 12 – габбро-диабазовая (Иртышская СФЗ, D_3-C_1), 13 – аспидная (Калба-Нарымская подзона, D_3-C_1), 14 – андезидацитовая (Белоубинско-Маймырская СФЗ, D_3fm), 15 – вулканогенно-осадочная (вулканы пёстрого состава (Чарская и Жарма-Саурская подзоны, D_3fm), 16 – базальтсодержащая андезит-дацит-риолитовая известково-кремнисто-терригенная (Рудноалтайская СФЗ, $D_1e-D_2gv_1$), 17 – базальт-риолитовая кремнисто-терригенная (Рудноалтайская СФЗ, $D_2gv_2-D_3f$), 18 – риолит-трахидацит-трахириолитовая известково-кремнисто-терригенная (Холзунско-Сарымсактинская и Коргонско-Теректинская СФЗ, D_1e-D_2gv); 19 – зеленосланцевый метаморфический комплекс (алевролиты, известняки, песчаники и др.) Иртышской СФЗ ($D_3?$); 20 – габбро-периодитовая (додевонские интрузии Чарской подзоны); 21 – метаморфический комплекс (кристаллические сланцы, гнейсы, амфиболиты) (Иртышская СФЗ, O_2-S); 22–24 – нерасчленённые осадочные и гранитоидные формации: 22 – комплекса основания Рудного Алтая ($Pz?$), 23 – Чингиз-Тарбагатайской складчатой системы (Pz_{1-2}), 24 – складчатой системы Горного Алтая (PR_3-Pz_1); 25 – выходы докембрийского фундамента; границы: 26 – СФЗ (а) и подзон (б), 27 – геологические, 28 – России и Казахстана; 29 – разрывные нарушения; **рудно-формационные типы месторождений:** 30 – железорудный, 31 – железомарганцевый, 32 – свинцово-цинковый стратиформный, 33 – свинцово-цинковый колчеданный, 34 – медно-свинцово-цинковый и медно-цинковый колчеданный, 35 – медно-цинковый колчеданный (метаморфизованный), 36 – золото-серебро-полиметаллический, 37 – золото-сульфидно-кварцевый, 38 – золото-кварцевый, 39 – золото-малосульфидно-кварцевый, 40 – золото-серебряный, 41 – редкометалльный (W, Be, Mo), 42 – редкометалльно-редкоземельный (Ta, Nb и др.), 43 – свинцово-цинковый жильный, 44 – серебро-полиметаллический, 45 – медно-золото-порфировый; **структурно-формационные и металлогенические зоны и подзоны:** Алтае-Саянской складчатой системы (каледоно-герцинской): I-1 – Чарышко-Талицкая, I-2 – Чарышко-Чуйская, I-3 – Коргонско-Теректинская, складчатой системы Юго-Западного Алтая (раннегерцинской): II-1 – Холзунско-Сарымсактинская, II-2 – Белоубинско-Маймырская, II-3 – Рудноалтайская и II-4 – Иртышская; Иртышско-Зайсанской складчатой системы (позднегерцинской), Калбинская: III-1 – Калба-Нарымская и III-2 – Западно-Калбинская подзоны, Жарма-Саурская: IV-1 – Чарская, IV-2 – Жарма-Саурская и IV-3 – Сарсазанская подзоны; Чингизкой Табагатайской складчатой системы (каледоно-герцинская) – V; **рудные районы Рудноалтайской СФЗ** (цифры в кружках): 1 – Рубцовский, 2 – Змеиногорский, 3 – Золотушинский, 4 – Прииртышский, 5 – Юбилейно-Снегирихинский, 6 – Лениногорский, 7 – Зыряновский; **основные месторождения:** 1 – Верх-Слюдянское (W), 2 – Мульчихинское (W, Mo), 3 – Каракольское (Be, Mo), 4 – Новофирсовское, 5 – Мурзинское I и II, 6 – Старочагырское, 7 – Кольванское, Новокольванское (W, Mo, Be), 8 – Белорецкое, 9 – Инское, 10 – Верх-Тулатинское, 11 – Чесноковское, 12 – Тигерекское, 13 – Коргонское, 14 – Красноярское, 15 – Рубцовское, 16 – Таловское, Степное, 17 – Среднее, 18 – Зареченское, 19 – Корбалихинское, 20 – Змеиногорское, 21 – Черепановское, 22 – Семеновское, 23 – Аргунихинское, 24 – Локтевское, 25 – Ново-Золотушинское, 26 – Орловское, 27 – Юбилейное, 28 – Ново-Шемонаихинское, 29 – Николаевское, 30 – Полеваевское, 31 – Авроринское, 32 – Березовское, 33 – Белоусовское, 34 – Секисовское, 35 – Юбилейное, Снегирихинское, 36 – Гуслияковское, Чекмарь, 37 – Тишинское, 38 – Риддер-Сокольское, 39 – Ново-Лениногорское, 40 – Парыгинское, 41 – Заводинское, 42 – Бухтарминское, 43 – Малеевское, 44 – Мамонтовское, 45 – Майское, 46 – Зыряновское, 47 – Греховское, 48 – Никитинское, 49 – Корчигинское, 50 – Александровка, 51 – Вавилонское, 52 – Бакенное, 53 – Бакырчик, 54 – Акжал, 55 – Васильевское, 56 – Чанг, 57 – Бирегтас

увеличивается мощность отложений формации: от 1000–1500 м (на востоке) до 2500–3500 м (на западе). Выполнены они вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами кислого, среднего и основного составов. Широко развиты экструзивные и субвулканические тела риолитов, лавы, потоки риолитов и их пирокластические разности (туфы, туффиты, тефроиды). Осадочные породы представлены известково-кремнисто-углеродистыми алевролитами, реже известняками, песчаниками. По петрохимическим особенностям данные вулканогенно-осадочные породы базальт-риолитовой формации относятся к известняково-щелочному ряду калиево-натриевой серии, но различаются по составу, возрасту и соотно-

шению вулканогенной и осадочной составляющей. Поэтому авторами они разделены на две формации [20]. Первая (эмс–эйфель–ранний живет) – последовательно дифференцированная базальтсодержащая андезит-дацит-риолитовая известняково-кремнисто-терригенная, распространена в Зыряновском, Лениногорском, Змеиногорском рудных районах и отличается существенным преобладанием кислых вулканитов над основными, антидромным характером и присутствием значительного количества осадочных и вулканогенно-осадочных пород. С ней ассоциируют свинцово-цинковые колчеданные и барит-полиметаллические (с золотом и серебром) месторождения. Вторая (поздний живет–фран) – контрастная

базальт-риолитовая кремнисто-терригенная (Змеиногорский, Золотушинский, Прииртышский рудные районы), характеризуется примерно равными соотношениями кислых и основных вулканитов, а также осадочной и вулканогенной составляющей. С данной формацией ассоциируют медно-свинцово-цинковые колчеданные и медно-цинковые колчеданные месторождения. Примыкающая с запада к Рудноалтайской Иртышская СФЗ сложена карбонатно-терригенными отложениями силура–позднего девона и более древними метаморфическими породами, с которыми ассоциируют протрузивные тела серпентинитов и метабазитов. В среднепалеозойских флишеидных отложениях Иртышской зоны развито медно-пирротинное оруденение, относящееся к колчеданно-полиметаллической формации в углеродисто-терригенных толщах. Консолидация Иртышской зоны произошла в конце девона, и с этого времени она развивалась в составе восточной краевой системы.

Этап формирования рифтов завершился внедрением гиабиссальных и гиповулканических образований габбро-диабазовой формации позднего девона–раннего карбона, приуроченных к системе глубинных разломов. В Северо-Восточной зоне смятия с габбро-диабазами связано формирование железоскарновых и медно-скарновых проявлений.

Вулканогенно-осадочные породы рифтогенного этапа в значительной мере перекрыты отложениями островодужного этапа, особенно это отмечается на территории южной части Рудноалтайской и Белоубинско-Маймырской СФЗ (см. рисунок).

Островодужный этап ($D_3 \text{ fm} - C_1$). Становление структур фамен-раннекаменноугольного этапа отвечает модели формирования активных окраин с островодужным режимом развития [20]. В течение позднего девона ($D_3 \text{ fm}$) ареал проявления вулканизма в северо-западной части Рудноалтайской СФЗ заметно расширился. Развитие его происходило в антидромной последовательности (от андезидацитов к андезибазальтовой формации).

Главный островодужный комплекс (пихтовская свита фамена) представлен андезитами, дацитами, риодацитами, риолитами и их туфами, а также туфоконгломератами, туфогравелитами, туфопесчаниками, конгломератами, песчаниками, алевролитами мощностью от 2900 до 5900 м. Цепи вулканических островов, сложенные андезидацитами и андезибазальтами, разделяли прогибы, выполненные отложениями терригенно-карбонатных и флишеидных формаций.

При рассмотрении структур с юго-запада (от Иртышской СФЗ) на северо-восток (к континенту Горному Алтаю) устанавливается латеральный ряд структур, характерный для этапа формирования остров-

ных дуг [24]: невулканическая дуга (Иртышская СФЗ), сложенная отложениями терригенно-карбонатной формации, преобразованными в зеленосланцевый метаморфический комплекс; междуговой бассейн, выполненный породами карбонатной формации; ранняя вулканическая дуга, отвечающая территории развития андезидацитов формации; междуговой бассейн, сложенный толщами терригенно-карбонатной формации; поздняя вулканическая дуга, отвечающая территории развития андезибазальтовой формации; задуговой бассейн, выполненный породами флишеидной формации, распространёнными в Белоубинско-Маймырском прогибе (Белоубинско-Маймырская СФЗ). С породами андезидацитов и андезибазальтовой формаций островодужного этапа ассоциируют мелкие месторождения золото-серебро-полиметаллической и золото-кварц-сульфидной рудных формаций.

В *коллизийный этап* ($C_2 - P$) сформировались две геологические формации: в раннюю стадию ($C_2 - C_3$) – габбро-гранодиорит-гранитная, а в позднюю ($C_3 - P$) – гранит-лейкогранитная в ассоциации с вулканогенным серпуховским комплексом трахириолит-дацитов формации.

К габбро-гранодиорит-гранитной формации ранней стадии относятся массивы, прорывающие нижнекаменноугольные отложения, состоящие из пёстрых по составу пород от габбро до гранитов с широким развитием гибридных (гранодиоритов, диоритов, монцодиоритов, сиенитов). С гранодиоритами данной формации связаны месторождения золото-малосульфидно-кварцевой и золото-сульфидной формаций, а также небольшие месторождения свинцово-цинковой скарновой и жильной формаций.

В позднеколлизийную стадию проявлены преимущественно пермские гранитоиды гранит-лейкогранитовой формации, с которыми ассоциируют редкометалльные месторождения с вольфрамом и молибденом.

Иртыш-Зайсанская складчатая система. *Рифтогенный этап.* Западная краевая система Зайсанской складчатой области (Иртыш-Зайсанская) представляет собой активную континентальную окраину одноимённого гипотетического океана [8]. Осевой структурой этой области является территория, отвечающая Чарской подзоне Жарма-Саурской СФЗ (см. рисунок), в пределах которой развит серпентинитовый комплекс, сопоставляемый с корой океанического типа. Относительно механизма формирования офиолитов Чарской подзоны существует несколько точек зрения. Авторы придерживаются точки зрения П. В. Ермолова и др. [17] о том, что данная структура в позднем девоне–раннем карбоне представляла собой рифт, выполненный вулканогенно-осадочными

породами пёстрого состава (D_3fm) и отложениями известняково-терригенной флишоидной формации (C_1s).

К востоку от Чарской подзоны распространены глубоководные морские и карбонатно-терригенные отложения, которые в Западно-Калбинской подзоне Калбинской СФЗ отвечают флишоидной формации (C_1v_{2-3}), а в Калба-Нарымской подзоне – аспидной (D_3-C_1) (см. рисунок). По мнению ряда исследователей [22], породы аспидной формации Калба-Нарымской подзоны сформировались в осевой части и вдоль внешнего приконтинентального склона глубоководного жёлоба. По мнению же авторов статьи, структуры, отвечающие Калба-Нарымской и Западно-Калбинской подзонам, представляют собой прогибы позднедевонско-раннекаменноугольного возраста, которые отвечают рифтам, расположенным в восточной фронтальной части Чарского прогиба. К нижнекаменноугольным отложениям терригенно-углеродистой (черносланцевой) формации Западно-Калбинской и частично Чарской подзон приурочены месторождения золото-сульфидно-кварцевой рудной формации, ярким примером которых является месторождение Бакырчик.

Островодужный этап. К западу от Чарской зоны на борту Чингиз-Тарбагатайского микроконтинента на коре переходного и океанического типов сформировалась островодужная система раннекаменноугольного возраста, отвечающая Сарсазанской и Жарма-Саурской подзонам Жарма-Саурской СФЗ с сопровождающими её морскими междуговыми и задуговыми бассейнами. При этом в пределах Жарма-Саурской подзоны островной дуге отвечают породы андезибазальтовой формации ($C_1v_{2-3}-S$), а междуговому бассейну – известняково-терригенной (C_1-S). Сарсазанская подзона соответствует задуговому бассейну и выполнена отложениями флишоидной (карбонатно-алевропесчаниковой) формации C_1v_1 .

Коллизионный этап подразделяется на две стадии: в раннюю (C_2-C_3) с интрузивными породами габбро-гранодиорит-плагиигранитной формации ассоциируют месторождения золото-кварцевой рудной формации (Акжал, Боко, Васильевское и др.) и медно-порфировой, а в позднюю стадию (Р) с породами гранит-лейкогранитовой формации связаны редкометалльные месторождения. Последние широко развиты на площади Калба-Нарымской и Западно-Калбинской подзон, где сформирован крупный гранитоидный пояс батолитового типа, выполненный пермскими (калбинскими) интрузивами гранит-лейкогранитовой формации. С последними связаны многочисленные редкометалльные месторождения с Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn, W (пегматитовой, альбитовой, грейзеновой, кварцево-жильной формаций) [14]. Приме-

рами месторождений редкометалльных пегматитов являются Бакенное, Юбилейное и др.

Металлогения. Охарактеризованные складчатые системы Большого Алтая различаются не только по геологическому строению, геодинамическим особенностям, но и по металлогении. Для складчатой системы Юго-Западного Алтая и обрамляющих её с востока СФЗ Горного Алтая (Чарышко-Чуйской и Коргоно-Теректинской) наиболее характерны месторождения колчеданного семейства, а также железорудные, железомарганцевые и в меньшей степени развиты золоторудные и редкометалльные (W, Mo, Be). Металлогения Иртыш-Зайсанской складчатой области более разнообразна. Она включает многочисленные редкометалльные месторождения (Калбинская зона), а также золоторудные: золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой формаций (Калбинская и Жарма-Саурская СФЗ). В Жарма-Саурском поясе развиты также мелкие месторождения меди медно-порфировой, медно-кварцево-жильной и медно-скарновой формаций. Поскольку вопросы металлогении Иртыш-Зайсанской складчатой области детально освещены в работах казахстанских геологов [1, 7, 27], а в особенности в публикациях Б. А. Дьячкова с соавторами [9, 11, 14, 15], характеристику месторождений этой территории мы не рассматриваем.

Ниже остановимся на характеристике месторождений складчатой системы Юго-Западного Алтая, в которую входит Рудноалтайский пояс и сопредельные территории, в изучении которых авторы принимали непосредственное участие. Систематика месторождений Рудного Алтая приведена во многих исследованиях, главными из которых являются работы Д. И. Горжевского, П. Ф. Иванкина, А. К. Каюпова, В. В. Попова, Г. Н. Щербы, Г. Ф. Яковлева, и многих других: В. В. Авдонина, Х. А. Беспяева, Н. Л. Бубличенко, Ю. И. Демина, В. И. Старостина, Н. И. Стучевского, Е. И. Филатова, В. М. Чекалина. В последние годы опубликована работа В. В. Кузнецова и др. [21] и статья Б. И. Дьячкова с соавторами [13], посвящённые прогнозу, поискам и генезису колчеданно-полиметаллических месторождений (VMS) Рудного Алтая.

Рудные месторождения структур Юго-Западного Алтая сформированы, как уже сказано выше, в три этапа: рифтогенный, островодужный и коллизионный. Общий перечень рудных формаций приведён в таблице.

Месторождения рифтогенного этапа образуют латеральный ряд, характеризующийся последовательным омоложением как геологических, так и рудных формаций вкрест простирания основных структур Рудного Алтая. При рассмотрении этого ряда с юго-востока (Коргонская и Холзунско-Сарымсактинская

Распределение рудных формаций в структурах Юго-Западного Алтая

Этап	Геодинамический режим	Геодинамическая обстановка	Время формирования	Возраст	Иртышская СФЗ	Рудноалтайская СФЗ	Белобинско-Маймырская СФЗ	Холзунско-Сарымсактинская СФЗ	Коргонско-Теректинская и Чарыско-Чуйская СФЗ
Герцинский	Коллизионный	Формирование плутонических посов	Позднее	Р	Редкометалльная (Sn, W) и кварцевожильная (W, Mo), золото-кварцевая (гранитная); мелкие объекты	Золото-малосульфидно-кварцевая (габбро-гранодиорит-гранитная). Предгорненское, Полеваевское и др.; золото-сульфидно-кварцевая (габбро-гранодиорит-гранитная). Секисовское		Редкометалльная (W, Mo, Be). Колыванское и редкоземельная – Тигерекское (гранитовая, лейкогранитовая) жильная золото-сульфидно-кварцевая и золото-скарновая. Мурзинское (I, II, III) (гранитовая) [6]	
						Мелкие проявления золото-порфировой, свинцово-цинковой жильной и скарновой (габбро-гранодиорит-гранитная)		Золото-серебряная. Новофирсовское (дайки диоритов, лампрофиров, гранитпорфиров) [6]	
Островодужный	Формирование островных дуг и задлговых бассейнов	Формирование островных дуг и задлговых бассейнов	Раннее	C ₁₋₅	Медно-цинковая колчеданная (метаморфизованная) (углеродистотерритенная). Карчига	Золото-кварцосульфидная (андезибазальтовая). Мамонтовское	Золото-сереброполиметаллическая (андезидацитовая). Заводнинское, Бухтарминское		

Окончание таблицы

Этап	Геодинамический режим	Геодинамическая обстановка	Время формирования	Возраст	Иргышская СФЗ	Рудноалтайская СФЗ	Белобуинско-Маймырская СФЗ	Холзунско-Сарымсактинская СФЗ	Коргонско-Теректинская и Чарышско-Чуйская СФЗ
Докембрийский	Океанический рифтогенный	PR ₁ ?							
	Рифтогенный	Формирование рифтогенных прогибов				Медно-свинцово-цинковая колчеданная (базальт-риолитовая кремнисто-терригенная). Корбалихинское, Золотушинское, Николаевское			
Герцинский	Рифтогенный		Раннее	D _{1c} -D _{2gv} ₁		Свинцово-цинковая колчеданная (базальт-содержащая андезит-дацит-риолитовая известняково-кремнисто-терригенная). Риддер-Сокольное, Зыряновское, Семеновское		Стратиформная свинцово-цинковая (риолит-трахидацит-трахириолитовая известняково-кремнисто-терригенная). Никитинское; железомарганцевая и железорудная (вулканогенно-осадочная). Холзунское, Коргонское	
			Позднее	D _{2gv} ₂ -D _{3f}					

СФЗ) на запад (Алейская подзона Рудноалтайской СФЗ) видно, что он начинается с железорудных и железомарганцевых и свинцово-цинковых стратиформных месторождений [18] в связи с эмс-нижнеживетской риолит-трахидацит-трахириолитовой формацией и продолжается в этом же интервале в пределах Лениногорско-Зырянской подзоны свинцово-цинковыми колчеданными в связи с известняково-кремнисто-терригенной базальтсодержащей андезит-дацит-риолитовой формацией калиевого профиля. Характерные примеры месторождений: Риддер-Сокольное, Ново-Лениногорское в Лениногорском районе, Зыряновское, Греховское в Зыряновском районе, Зареченское, Змеиногорское, Семеновское в Змеиногорском районе.

Определяющими особенностями свинцово-цинковых колчеданных месторождений является тесная связь с вулкано-тектоническими структурами, стратиформность рудных тел, этажный характер размещения оруденения в разрезе вулканитов кислого состава калиевого профиля при подчинённом значении вулканитов основного состава, преобладание свинца и цинка над медью. Соотношение $Pb : Zn : Cu$ составляет $(1-2) : (6-2) : 4$. Коэффициент колчеданности ($K_{кол.}$) – 0,5. Месторождения данной формации содержат золото и серебро ($Au : Ag - 1 : 15$ до $1 : 70$) [21].

В западной части Рудноалтайского пояса в пределах Юго-Западного рифта (Алейская подзона) рудноносна верхнеживетско-франская контрастная кремнисто-терригенная базальт-риолитовая формация калиево-натриевого профиля. С ней ассоциируют месторождения медно-свинцово-цинковые колчеданные (примеры: Корбалихинское, Золотушинское, Николаевское и др.), характеризующиеся незначительной ролью свинца при близких значениях цинка и меди и высокой сернистости руд. Соотношения металлов $Pb : Zn : Cu - (1-4) : (6-2) : 3$, а коэффициент колчеданности $K_{кол.} S : (Pb + Zn + Cu)$ более 1,5. Содержания золота незначительные при повышенных содержаниях серебра.

Таким образом, для группы колчеданных формаций характерна зависимость состава оруденения от времени образования: эмс–нижний живет → свинцово-цинковый колчеданный, верхний живет–фран → медно-свинцово-цинковый колчеданный или медно-цинково-колчеданный.

По вертикали ряд рудных формаций рифтогенных структур надстраивается рудно-формационными типами месторождений островодужного этапа (D_3fm-C_1). Начинается этот ряд (с запада на восток) с медно-цинково-колчеданных месторождений в черносланцевых толщах, далее продолжается золото-серебро-полиметаллическими и золото-кварц-сульфидными в связи с островными андезидацитовыми

(D_3fm) и андезибазальтовой (C_1) формациями и золото-кварцевыми месторождениями в связи с геологическими формациями задугового бассейна (C_1). С фаменской андезидацитовой формацией связаны месторождения и проявления золото-серебро-полиметаллической формации (Заводинское I, II, Бухтарминское) Заводинского района, а с нижнекаменноугольной андезибазальтовой – месторождение (Мамонтовское) Зыряновского района.

Некоторые исследователи до настоящего времени продолжают считать, что колчеданные месторождения рудноалтайского типа сформированы в островодужный этап, и соответственно сопоставляют их с типом «куроко» [2, 16]. Кратко изложим точку зрения авторов.

Колчеданно-полиметаллические месторождения типа «куроко» распространены во внутренней, северо-восточной части Японской островной дуги, именуемой областью «зелёных туфов» [28, 29]. Они локализованы в миоценовой мелководной осадочно-вулканогенной толще субмеридионального прогиба на склоне этой дуги. В нижней части толщи преобладают вулканиты андезитоидного состава. Оруденение тесно ассоциирует с верхними телами и покровами кислого состава, расслоенными существенно глинистыми отложениями. Рудные залежи «куроко» обычно имеют пластообразную форму и подстраиваются со стороны лежачего бока зонами барит-кварцевых и кварц-карбонатных жил и штокверковых тел различной формы с золотосеребряной, сфалерит-галенитовой и халькопирит-пиритовой минерализациями. Рудная зональность залежей отвечает в целом типовой. Отмечается обогащение руд собственно «куроко» и барит-сульфидных серебром. Колчеданные руды в последние годы интенсивно разрабатываются (пиритовые, баритовые, свинцовые и золотые). Но при весьма значительном количестве рудных объектов запасы металлов в каждом из них невелики. Они составляют не более 100–200 тыс. т [5], что особенно ярко отличает их от крупных рудноалтайских колчеданно-полиметаллических месторождений.

По перечисленным характеристикам (составу оруденения и условиям образования) месторождения Японии типа «куроко» являются скорее аналогом охарактеризованных выше золото-серебро-полиметаллических месторождений островодужного этапа, а не колчеданно-полиметаллических рудноалтайского типа, сформированных в рифтогенный этап.

Месторождения рудных формаций рифтогенного и островодужного этапов по вертикали сменяются таковыми коллизионного тектоно-магматического цикла (C_2-P). Последние связаны с плутоногенными формациями гранитоидов: с габбро-гранодиорит-

гранитной формацией ранней стадии (C_{2-3}) ассоциируют месторождения золото-сульфидно-кварцевой (месторождение Секисовское), золото-малосульфидно-кварцевой (Авроринское, Полеваевское, Предгорнинское и др.) формаций. С пермскими гранитоидами гранит-лейкогранитовой формации поздней стадии (C_3-P) ассоциируют редкометалльные месторождения (W, Mo, Be) (см. таблицу).

Заключение. Полученные в результате многолетних исследований данные по геологии и металлогении Рудного Алтая и сопредельных территорий позволили предложить авторскую трактовку геодинамических режимов и обстановок формирования месторождений цветных и благородных металлов для складчатой системы Юго-Западного Алтая. При этом определена позиция колчеданно-полиметаллических месторождений в рифтогенных структурах в отличие от долго существовавшей гипотезы «о формиро-

вании колчеданно-полиметаллических месторождений в островодужных обстановках». Выделены две разновозрастные рудовмещающие базальт-риолитовые формации и связанные с ними рудные, а также построен латерально-вертикальный ряд рудных формаций для складчатой системы Юго-Западного Алтая.

В пределах Иртыш-Зайсанской складчатой системы определена позиция месторождений цветных и благородных металлов в различных геодинамических обстановках с использованием карты Восточного Казахстана (масштаба 1:500 000) и литературных источников.

Установленные геодинамические и металлогенические особенности формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая необходимо учитывать при прогнозе и поисках ору-денения подобного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспяев Х. А., Полянский Н. В., Ганженко Г. Д., Дьячков Б. А. [и др.]* Геология и металлогения Юго-Западного Алтая. – Алма-Ата : Гылым, 1997. – 288 с.
2. *Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И., Кривцов А. И., Ручкин Г. В., Скрипченко Н. С., Твалчрелидзе Г. А., Яковлев Г. Ф.* Колчеданные месторождения Мира. – М. : Недра, 1979. – 284 с.
3. *Геологическая карта Казахстана масштаб 1:1 000 000. Листы М-44: М-45.* – С-Пб.: ВСЕГЕИ, 2014.
4. *Геологическая карта Казахской ССР. Масштаб: 1:500 000. Серия Восточно-Казахстанская // Под ред. Л. М. Трубникова.* – Алма-Ата, 1976.
5. *Глухов Л. В.* Полезные ископаемые // *Горная энциклопедия.* – Т. 5. – М. : Изд-во Советская энциклопедия, 1991. – С. 534–537.
6. *Гусев А. И.* Металлогения золота Горного Алтая и Юга Горной Шории // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск : ФГАОУ ВО «ТПУ», 2006. – 52 с.
7. *Даукеев С. Ж., Ушкенов Б. С., Абдулин А. А., Мирошнеченко Л. А., Жуков Н. М., Мазуров А. К., Беспяев Х. А., Долгополов В. М., Акылбеков С. А., Жаутиков Т. М., Губайдуллин Ф. Г.* Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 2. Металлогения. – Алма-Ата : Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2002. – 272 с.
8. *Даукеев С. Ж., Ушкенов Б. С., Любецкий В. Н., Любецкая Л. Д., Беспяев Х. А., Бикеев В. С., Шабалина Л. В.* Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. Т. 1. Глубинное строение и геодинамика. – Алма-Ата : Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2002. – 220 с.
9. *Дьячков Б. А.* Перспективы укрепления минерально-сырьевой базы Алтае-Чингизского региона (Восточный Казахстан) // *Известия НАН РК. Серия геологическая.* – 2005. – № 2. – С. 63–69.
10. *Дьячков Б. А., Майорова И. Л., Нахтигаль Г. Л., Абдрахманов К. А.* Гранитоидные и рудные формации Калба-Нарымского пояса (Рудный Алтай). – Алма-Ата : Гылым, 1994. – 205 с.
11. *Дьячков Б. А., Малыгин А. А., Нахтигаль Г. Л., Титов Д. В.* Рудоносные структуры Рудного Алтая // *Геология и охрана недр.* – 2004. – № 4. – С. 3–8.
12. *Дьячков Б. А., Мизерная М. А., Бисатова А. Е. [и др.]* К проблеме формирования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // *Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции.* – М. : ФГБУ «ЦНИГРИ», 2021. – С. 60–62.
13. *Дьячков Б. А., Мизерная М. А., Пяткова А. П. [и др.]* К проблеме формирования колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // *Отечественная геология.* – 2021. – № 5. – С. 3–17.
14. *Дьячков Б. А., Никитина Т. М., Майорова И. П.* Редкометалльные рудноформационные системы Восточного Казахстана // *Геология Казахстана: сборник докладов.* – Алма-Ата, 2004. – С. 222–229.
15. *Дьячков Б. А., Титов Д. В., Сапаргалиев Е. М.* Рудные пояса Большого Алтая и оценка их перспектив // *Геология рудных месторождений.* – 2009. – Т. 51, № 3. – С. 222–238.
16. *Еремин Н. И., Дергачев А. Л., Сергеева Н. Е.* Рудный Алтай среди других крупнейших колчеданных провинций мира // *Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция центральной Азии.* – Усть-Каменогорск, 2010. – С. 91–92.
17. *Ермолов П. В., Полянский Н. В., Добрецов Н. Л. [и др.]* Офиолиты Чарской зоны // *Офиолиты: материалы конференции.* – Алма-Ата : Наука, 1981. – С. 103–173.

18. Колосова Е. О. Геологические условия образования Раскатинского железо-марганец-барит-свинцово-цинкового месторождения (Рудный Алтай) // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1993. – 26 с.
19. Кудрявцева Н. Г. Ряды рудных формаций месторождений цветных и благородных металлов в различных геодинамических обстановках Юго-Западного Алтая // Руды и металлы. – 2001. – № 6. – С. 44–52.
20. Кудрявцева Н. Г., Кузнецов В. В. Геодинамические особенности формирования месторождений цветных и благородных металлов Большого Алтая // Материалы Международной конференции Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. – Алматы, 2012. – С. 38–44.
21. Кузнецов В. В., Кудрявцева Н. Г., Серавина Т. В., Мурзин О. В., Корчагина Д. А., Кузнецова С. В., Миляев С. А. Основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая: монография. – М.: ЦНИГРИ, 2019. – 207 с.
22. Пейве А. В., Моссаковский А. А. Тектоника Казахстана (Объяснительная записка к «Тектонической карте Восточного Казахстана» масштаба 1:2 500 000). – М.: Наука, 1982. – 139 с.
23. Ротараш И. А., Самыгин С. Г., Гредюшко Е. А. [и др.] Девонская активная континентальная окраина на юго-западе Алтая // Геотектоника. – 1982. – № 1. – С. 44–59.
24. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1995. – 480 с.
25. Щерба Г. Н., Беснаев Х. А., Дьячков Б. А. [и др.] Развитие структур Большого Алтая на основе геодинамических реконструкций // Геодинамика и минерагения Казахстана. – Алма-Ата: РИО ВАК РК, 2000. – Ч. 1. – С. 73–81.
26. Щерба Г. Н., Дьячков Б. А., Стучевский Н. И. [и др.] Большой Алтай (геология и металлогения). Геологическое строение. В 3 кн., кн. 1. – Алма-Ата: Гылым, 1998. – 304 с.
27. Щерба Г. Н., Дьячков Б. А., Беснаев Х. А. [и др.] Большой Алтай (геология и металлогения). Металлогения. В 3 кн., кн. 2. – Алма-Ата: РИО ВАК РК, 2000. – 400 с.
28. Ishibashi J.-I., Miyoshi Y., Inoue H., Yeats C., Hollis S. P., Corona J. C., Bowden S., Yang S., Southam G., Masaki Y., Hartnett H., IODP Expedition 331 Scientists (2013). Subseafloor structure of a submarine hydrothermal system within volcanoclastic sediments: a modern analogue for «Kuroko-type» VMS deposits. In Mineral Deposit Research for a high-tech world // 12th SGA Biennial Meeting 2013, Proceedings. – V. 2. – P. 542–544.
29. Yamada R., Yoshida T. Relationships between Kuroko volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, felsic volcanism, and island arc development in the northeast Honshu arc, Japan // Mineralium Deposita. – 2011. – V. 46, № 4–5. – P. 431–448.

REFERENCES

1. Bespayev Kh. A., Polyanskiy N. V., Ganzhenko G. D., D'yachkov B. A. [et al.] Geologiya i metallogeniya Yugo-Zapadnogo Altaya [Geology and metallogeny of Southwestern Altai]. Alma-Ata, Gylm publ., 1997, 288 p. (In Russ.)
2. Borodayevskaya M. B., Gorzhevskiy D. I., Krivtsov A. I., Ruchkin G. V., Skripchenko N. S., Tvalchredidze G. A., Yakovlev G. F. Kolchedannyye mestorozhdeniya Mira [Pyrite deposits of the World]. Moscow, Nedra publ., 1979, 284 p. (In Russ.)
3. Geologicheskaya karta Kazakhstana masshtab 1:1 000 000. Listy M-44: M-45 [Geological map of Kazakhstan, scale 1:1,000,000. Sheets M-44: M-45]. St. Petersburg, VSEGEI, 2014. (In Russ.)
4. Geologicheskaya karta Kazakhskoy SSR. Masshtab: 1:500 000. Seriya Vostochno-Kazakhstanskaya [Geological map of the Kazakh SSR. Scale: 1:500,000. East Kazakhstan Series]. Ed. L. M. Trubnikova. Alma-Ata, 1976. (In Russ.)
5. Glukhov L. V. Poleznyye iskopayemyye [Minerals]. Gornaya entsiklopediya [Mining Encyclopedia]. V. 5, Moscow, Sovetskaya entsiklopediya publ., 1991, P. 534–537. (In Russ.)
6. Gusev A. I. Metallogeniya zolota Gornogo Altaya i Yuga Gornoy Shorii [Gold metallogeny in Gorny Altai and the south of Gornaya Shoria]. Avtoref. dokt... kand. geol.-minер. nauk, TPU publ., 2006, 52 p. (In Russ.)
7. Daukeyev S. Zh., Ushkenov B. S., Abdulin A. A., Miroshnichenko L. A., Zhukov N. M., Mazurov A. K., Bespayev Kh. A., Dolgoplov V. M., Akylbekov S. A., Zhautikov T. M., Gubaydullin F. G. Glubinnoye stroyeniye i mineral'nyye resursy Kazakhstana [Deep structure and mineral resources of Kazakhstan] V. 2. Metallogeniya [Metallogeny]. Alma-Ata, Informatsionno-analiticheskiy tsentr geologii i mineral'nykh resursov Respubliki Kazakhstan publ., 272 p. (In Russ.)
8. Daukeyev S. Zh., Ushkenov B. S., Lyubetskiy V. N., Lyubetskaya L. D., Bespayev Kh. A., Bikeyev V. S., Shabalina L. V. Glubinnoye stroyeniye i mineral'nyye resursy Kazakhstana [Deep structure and mineral resources of Kazakhstan]. V. 1. Glubinnoye stroyeniye i geodinamika [Deep structure and geodynamics]. Alma-Ata, Informatsionno-analiticheskiy tsentr geologii i mineral'nykh resursov Respubliki Kazakhstan publ., 220 p. (In Russ.)
9. D'yachkov B. A. Perspektivy ukrepleniya mineral'no-syr'yevoy bazy Altaye-Chingizskogo regiona (Vostochnyy Kazakhstan) [Prospects for strengthening the mineral resource base of the Altai-Chingiz region (East Kazakhstan)]. Izvestiya NANRK. Seriya geologicheskaya [Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geological series]. 2005, No. 2, P. 63–69. (In Russ.)
10. Dyachkov B. A., Mayorova I. L., Nakhtigal G. L., Abdrakhmanov K. A. Granitoidnyye i rudnyye formatsii Kalba-Narymskogo poyasa (Rudnyy Altay) [Granitoid and ore formations of the Kalba-Narym belt (Rudny Altai)]. Alma-Ata, Gylm publ., 1994, 205 p. (In Russ.)
11. D'yachkov B. A., Malygin A. A., Nakhtigal' G. L., Titov D. V. Rudonosnyye struktury Rudnogo Altaya [Ore-bearing

- structures of Ore Altai]. *Geologiya i okhrana nedr* [Geology and protection of mineral resources], 2004, No. 4, P. 3–8. (In Russ.)
12. *D'yachkov B. A., Mizernaya M. A., Bisatova A. Ye.* [et al.] K probleme formirovaniya kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [On the problem of the formation of pyrite-polymetallic deposits of Rudny Altai]. *Nauchno-metodicheskiye osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdeniyalmazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov: Sbornik tezisov dokladov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals: Collection of abstracts of reports of the IX International Scientific and Practical Conference], Moscow, TSNIGRI publ., 2021, P. 60–62. (In Russ.)
 13. *D'yachkov B. A., Mizernaya M. A., Pyatkova A. P.* [et al.] K probleme formirovaniya kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [On the problem of formation of pyrite-polymetallic deposits of Ore Altai]. *Otechestvennaya geologiya* [Domestic geology], 2021, No. 5, P. 3–17. (In Russ.)
 14. *Dyachkov B. A., Nikitina T. M., Mayorova N. P.* Redkometall'nyye rudnoformatsionnyye sistemy Vostochnogo Kazakhstana [Rare metal ore formation systems of East Kazakhstan]. *Geologiya Kazakhstana: sbornik dokladov* [Geology of Kazakhstan: collection of reports], Alma-Ata, 2004, P. 222–229. (In Russ.)
 15. *D'yachkov B. A., Titov D. V., Sapargaliyev Ye. M.* Rudnyye poyasa Bol'shogo Altaya i otsenka ikh perspektiv [Ore belts of the Greater Altai and assessment of their prospects]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of ore deposits], 2009, V. 51, No. 3, P. 222–238. (In Russ.)
 16. *Yeremin N. I., Dergachev A. L., Sergeeva N. Ye.* Rudnyy Altay sredi drugikh krupneyshikh kolchedannykh provintsiy mira [Rudny Altai among other largest pyrite provinces of the world]. *Bol'shoy Altay – unikal'naya redkometall'no-zoloto-polimetallicheskaya provintsiya tsentral'noy Azii, Ust'-Kamenogorsk*, 2010, P. 91–92. (In Russ.)
 17. *Yermolov P. V., Polyanskiy N. V., Dobretsov N. L.* [et al.] Ofiolity Charskoy zony [Ophiolites of the Chara zone]. *Ofiolity: Materialy konferentsii* [Ophiolites: Proceedings of the conference], Alma-Ata, 1981, P. 103–173. (In Russ.)
 18. *Kolosova E. O.* Geologicheskiye usloviya obrazovaniya Raskatinskogo zhelezo-marganets-barit-svintsovo-tsinkovogo mestorozhdeniya (Rudnyy Altay) [Geological conditions for the formation of the Raskatinsk iron-manganese-barite-lead-zinc deposit (Rudny Altai)]. *Moscow, MGU im. M. V. Lomonosova [MSU] publ.*, 1993, 26 p. (In Russ.)
 19. *Kudryavtseva N. G.* Ryady rudnykh formatsiy mestorozhdeniy tsvetnykh i blagorodnykh metallov v razlichnykh geodinamicheskikh obstanovkakh Yugo-Zapadnogo Altaya [Rows of ore formations of deposits of non-ferrous and noble metals in various geodynamic settings of South-western Altai]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2001, No. 6, P. 44–52. (In Russ.)
 20. *Kudryavtseva N. G., Kuznetsov V. V.* Geodinamicheskiye osobennosti formirovaniya mestorozhdeniy tsvetnykh i blagorodnykh metallov Bol'shogo Altaya [Geodynamic features of the formation of non-ferrous and noble metal deposits in the Greater Altai]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii Bol'shoy Altay – unikal'naya redkometall'no-zoloto-polimetallicheskaya provintsiya Tsentral'noy Azii. Alma-Ata*, 2012, P. 38–44. (In Russ.)
 21. *Kuznetsov V. V., Kudryavtseva N. G., Seravina T. V., Murzin, O. V., Korchagina D. A., Kuznetsova S. V., Milyayev S. A.* Osnovy prognoza i poiskov kolchedanno-polimetallicheskih mestorozhdeniy Rudnogo Altaya [Fundamentals of forecasting and prospecting for pyrite-polymetallic deposits of Rudny Altai]. *Moscow, TSNIGRI publ.*, 2019, 207 p. (In Russ.)
 22. *Peyve A. V., Mossakovskiy A. A.* Tektonika Kazakhstana (Ob'yasnitel'naya zapiska k "Tektonicheskoy karte Vostochnogo Kazakhstana masshtaba" 1:2 500 000) [Tectonics of Kazakhstan (Explanatory note to the "Tectonic map of Eastern Kazakhstan" scale 1: 2,500,000)]. *Moscow, Nauka [Science] publ.*, 1982, 139 p. (In Russ.)
 23. *Rotarash I. A., Samygin S. G., Gredyushko Ye. A.* [et al.] Devonskaya aktivnaya kontinental'naya okraina na yugozapade Altaya [Devonian active continental margin in the southwest of Altai]. *Geotektonika* [Geotectonics], 1982, No. 1, P. 44–59. (In Russ.)
 24. *Khain V. Ye., Lomize M. G.* Geotektonika s osnovami geodinamiki [Geotectonics with the basics of geodynamics]. *Moscow, MGU im. M. V. Lomonosova [MSU] publ.*, 1995, 480 p. (In Russ.)
 25. *Shcherba G. N., Bespayev Kh. A., D'yachkov B. A.* [et al.] Razvitiye struktur Bol'shogo Altaya na osnove geodinamicheskikh rekonstruktsiy [Development of structures of the Greater Altai on the basis of geodynamic reconstructions]. *Geodinamika i minerageniya Kazakhstana* [Geodynamics and Minerageny of Kazakhstan], Alma-Ata, RIO VAK RK publ., 2000, Part 1, P. 73–81. (In Russ.)
 26. *Shcherba G. N., D'yachkov B. A., Stuchevskiy N. I.* [et al.] Bol'shoy Altay (geologiya i metallogeniya). *Geologicheskoye stroyeniye* [Big Altai (geology and metallogeny). Geological structure]. *Alma-Ata, Gylym publ.*, 1998, 304 p. (In Russ.)
 27. *Shcherba G. N., D'yachkov B. A., Bespayev Kh. A.* [et al.] Bol'shoy Altay (geologiya i metallogeniya). *Metallogeniya* [Big Altai (geology and metallogeny). Metallogeny]. *Alma-Ata, RIO VAK RK publ.*, 2000, 400 p. (In Russ.)
 28. *Ishibashi J.-I., Miyoshi Y., Inoue H., Yeats C., Hollis S. P., Corona J. C., Bowden S., Yang S., Southam G., Masaki Y., Hartnett H.* IODP Expedition 331 Scientists (2013). Sub-seafloor structure of a submarine hydrothermal system within volcanoclastic sediments: a modern analogue for "Kuroko-type" VMS deposits. In *Mineral Deposit Research for a high-tech world. 12th SGA Biennial Meeting 2013, Proceedings*, V. 2, P. 542–544.
 29. *Yamada R., Yoshida T.* Relationships between Kuroko volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, felsic volcanism, and island arc development in the northeast Honshu arc, Japan. *Mineralium Deposita*, 2011, V. 46, No. 4–5, P. 431–448.

Типоморфные признаки самородного золота Учуйского рудного узла (Адыча-Тарынская зона, республика Саха (Якутия))

Исследованы типоморфные признаки самородного золота трёх рудных полей Учуйского рудного узла: Учуйское, Ган-Андреевское и Луч. Полученные данные (форма золотин, их состав и внутреннее строение, характер поверхности) показывают полистадийность процесса рудоотложения вблизи гранитного массива в зоне тектонической активности и дальнейшее преобразование золота под действием высоких температур в результате гидротермально-метасоматических преобразований.

Ключевые слова: Учуйский рудный узел, самородное золото, типоморфизм, внутреннее строение.

БОНДАРЕНКО НИКОЛАЙ ВИКТОРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом¹, nicolasbond@yandex.ru

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

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

КОВАЛЬЧУК ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА, младший научный сотрудник², elena7kovalchuk@gmail.com

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

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

Typomorphic features of native gold within the Uchuysky ore node (Adycha-Taryn zone, Republic of Sakha (Yakutia))

N. V. BONDARENKO¹, L. V. SHATILOVA¹, N. N. POZDNYAKOVA¹, E. V. KOVALCHUK²

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

² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM RAS), Moscow

This work presents the study of typomorphic features of native gold from three ore fields within the Uchuysky ore node: Uchuyskoye, Gan-Andreevskoye and Luch. The obtained data (the gold particle shapes, composition and internal structure, the nature of the surface) show the multi-stage process of ore deposition near the granite massif in the tectonically active zone and further transformations of native gold under the influence of high-temperature hydrothermal-metasomatic processes.

Key words: Uchuysky ore node, native gold, typomorphism, internal structure.

В региональном плане Учуйский рудный узел расположен в пределах центральной (Джолокагской) части Адычанской золотоносной зоны, входящей в состав Верхояно-Колымской металлогенической провинции (рис. 1). Джолокагский сегмент золотоносной

зоны охватывает юго-восточный фланг Куларо-Нерского черносланцевого пояса, область его сочленения с Новолучинским тектоно-магматическим рядом, а также фронтальную часть Чакры-Индигирского надвига.

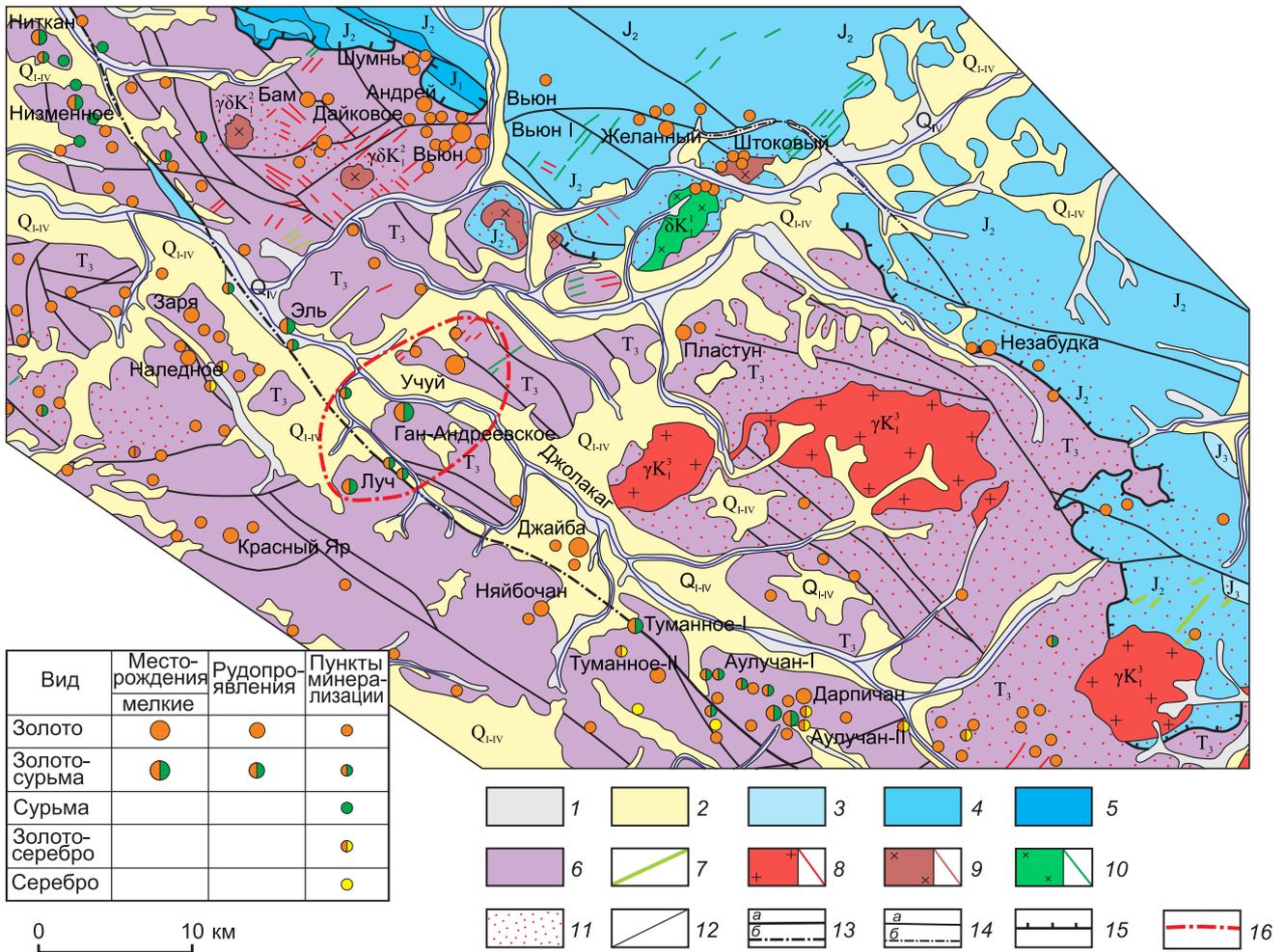


Рис. 1. Геологическая карта с данными по полезным ископаемым Дзолакагского сегмента Адычанской золотоносной зоны. По Вишнеvesкому, 1984 г., с дополнениями:

1 – голоцен, современное звено, Q_{IV} , аллювиальные отложения пойм и русел водотоков (галечники с валунами, песок, гравий, щебень); 2 – плейстоцен–зоплейстоцен, Q_{I-IV} , аллювиальные отложения надпойменных террас (галечники с валунами, песок, гравий, щебень), пролювиальные и делювиально-солифлюкционные отложения (супесь с щебнем и глыбами, озёрно-болотные отложения: супеси, суглинки, илы, торфяники), эоплейстоцен – аллювиальные отложения погребённых речных врезов и нижних частей разрезов внутригорных впадин (галечники с валунами, супеси, пески гравий, щебни); 3–5 – юрская система: 3 – верхний отдел, J_3 , ярусы: киммериджский (песчаники с пластами алевролитов и аргиллитов, линзы конгломератов), оксфордский (песчаники с пачками переслаивания алевролитов и аргиллитов), 4 – средний отдел, J_2 , ярусы: келловейский (песчаники с пластами алевролитов и прослоями аргиллитов), батский (песчаники с пластами алевролитов и аргиллитов), байосский (песчаники и алевролиты с пластами аргиллитов), 5 – нижний отдел, J_1 (алевролиты, аргиллиты, редкие прослои песчаников); 6 – триасовая система, верхний отдел, норийский ярус, T_3 , (алевролиты, аргиллиты, прослои песчаников с линзами конгломератов и гравелитов); 7 – поздне-меловые интрузивные образования, габбро-монцит-сиенитовый комплекс (дайки лампрофиров, χ); 8–10 – раннемеловые интрузивные образования: 8 – диорит-гранодиорит-гранитный комплекс, третья фаза (биотитовые, амфибол-биотитовые граниты, γ , лейкограниты, $\lambda\gamma$), 9 – раннемеловые интрузивные образования, диорит-гранодиорит-гранитный комплекс, вторая фаза (биотит-амфиболовые гранодиориты, $\gamma\delta$, дайки лейкогранитов, $\gamma\delta\lambda$), 10 – диорит-гранодиорит-гранитный комплекс, первая фаза: амфиболовые диориты, δ , дайки кварцевых диоритов $\delta\lambda$); 11 – контактовые роговики амфибол-роговиковой и биотит-роговиковой фаций; 12 – геологические границы; разрывные нарушения: 13 – главные: а – достоверные, б – скрытые под кайнозойскими отложениями и 14 – второстепенные: а – достоверные, б – скрытые под кайнозойскими отложениями; 15 – граница Чакры-Индибирского надвига; 16 – контур Учуйского рудного узла

В целом размещение оруденения на данной территории имеет линейно-узловой характер. Линейность обусловлена продольной ориентировкой главных складчатых и разрывных структур. Подавляющее большинство рудных объектов, независимо от их формационной принадлежности, приурочено к продольным тектоническим нарушениям, разграничивающим складчатые сооружения и структурно-фациальные зоны. Узловой характер размещения оруденения вызван влиянием поперечных, реже дугообразных тектонических разломов северо-восточного простирания.

В геологическом строении рудного узла участвуют терригенные отложения норийского возраста, представленные алевритами, в меньшей степени аргиллитами и пластами песчаников. Порода терригенно-осадочной толщи преобразованы в условиях кремнисто-серицит-хлоритовой фации позднего метагенеза, а на юго-восточном и северо-западном флангах они претерпели метаморфические изменения хлорит-серицит-мусковитовой фации термальных куполов [1].

В пределах рудного узла, по работам предшественников, установлены малые месторождения и рудопроявления золото-кварц-малосульфидной, золото-сурьмяной и золото-сульфидной формации. Формационные типы руд могут пространственно совмещаться (как на рудопроявлении Ган-Андреевское) или быть разобщены (рудное поле Учуйское).

Так, для рудного поля Учуйское характерно развитие арсенопирит-пиритового типа руд золото-кварц-малосульфидной формации, для рудного поля Ган-Андреевское – золото-кварц-антимонитового и золото-антимонитового типов руд золото-сурьмяной формации, пространственно совмещённых с рудами золото-сульфидной формации золото-пирит-арсенопиритового типа. В пределах рудного поля Луч оруденение золото-кварц-малосульфидного типа пространственно совмещается с рудами золото-сульфидной формации сульфидизированных песчаников.

Для изучения типоморфных признаков золота были выделены монофракции из минералогических проб, отобранных с известных рудных объектов Учуйского рудного узла. Исследования включали изучение форм и рельефа поверхности, определение химического состава отдельных золотин и их внутреннего строения. Распределение содержаний Au и Ag в отдельных золотинах и установление набора и концентрации второстепенных элементов-примесей в них определялись при помощи рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) в ИГЕМ РАН (г. Москва) по нескольким точкам на каждой частице. Для изучения внутреннего строения золота на тех же репликах проведено многократное структурное травление раство-

ром $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$. В реагенте HCl играет роль сильного окислителя, а CrO_3 является комплексообразователем, который необходим для подавления реакции восстановления окисленного в процессе травления золота.

Размеры самородного золота. Изучение крупности золота предшественниками [2, 3, 7] показало, что большинство частиц относится к гранулометрическим классам $-0,5+0,1$ мм, реже крупнее. Гранулометрия золота авторами не оценивалась вследствие малой статистической значимости минералогических проб. Однако можно отметить, что золото рудных объектов Учуйского рудного узла по размерам мелкое и весьма мелкое, не превышает 1 мм. Золото крупнее 0,25 мм встречено только на рудных полях Учуйское и Луч. Для рудного поля Ган-Андреевское подтверждаются выводы предшественников об отсутствии золота класса крупности $+0,15$ мм.

Морфология самородного золота. Форма золотин служит показателем характера среды, в которой оно отлагалось, состава и фазового состояния растворов и условий кристаллизации [4–6]. Она изучалась под бинокляром и при помощи сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Исследовано 59 знаков самородного золота, в том числе с рудных полей Учуйское – 29, Ган-Андреевское – 14, Луч – 16.

В пробах наблюдаются золотины трещинно-прожилковых, комковидных и цементационных, интерстициальных, гемиидиоморфных (смешанных) форм, кристаллы и сростки кристаллов. Было установлено соотношение частиц определённых форм для каждого рудного поля (рис. 2).

На рудном поле Учуйское резко преобладают (более 50%) золотины трещинно-прожилковой формы, значительная доля (18%) приходится на комковидно-цементационные выделения, присутствуют (приблизительно по 10%) гемиидиоморфные разности, кристаллы, их сростки и в подчинённом количестве (3%) интерстициальные. В пределах рудного поля Ган-Андреевское золотины различной морфологии распространены более равномерно: по 21,4% – трещинно-прожилковой, гемиидиоморфной форм, кристаллов и их сростков; чуть меньше (14,4%) – комковидно-цементационного облика при отсутствии интерстициальных выделений. Рудное поле Луч отличается преобладанием (по 37,7%) золота трещинно-прожилковой и гемиидиоморфной форм. Комковидно-цементационные золотины присутствуют в количестве 12,4%, отмечаются единичные (по 6,3%) кристаллы и кристаллические сростки, интерстициальные выделения отсутствуют.

Золото *трещинно-прожилкового морфологического вида* выполняет трещины и литологические

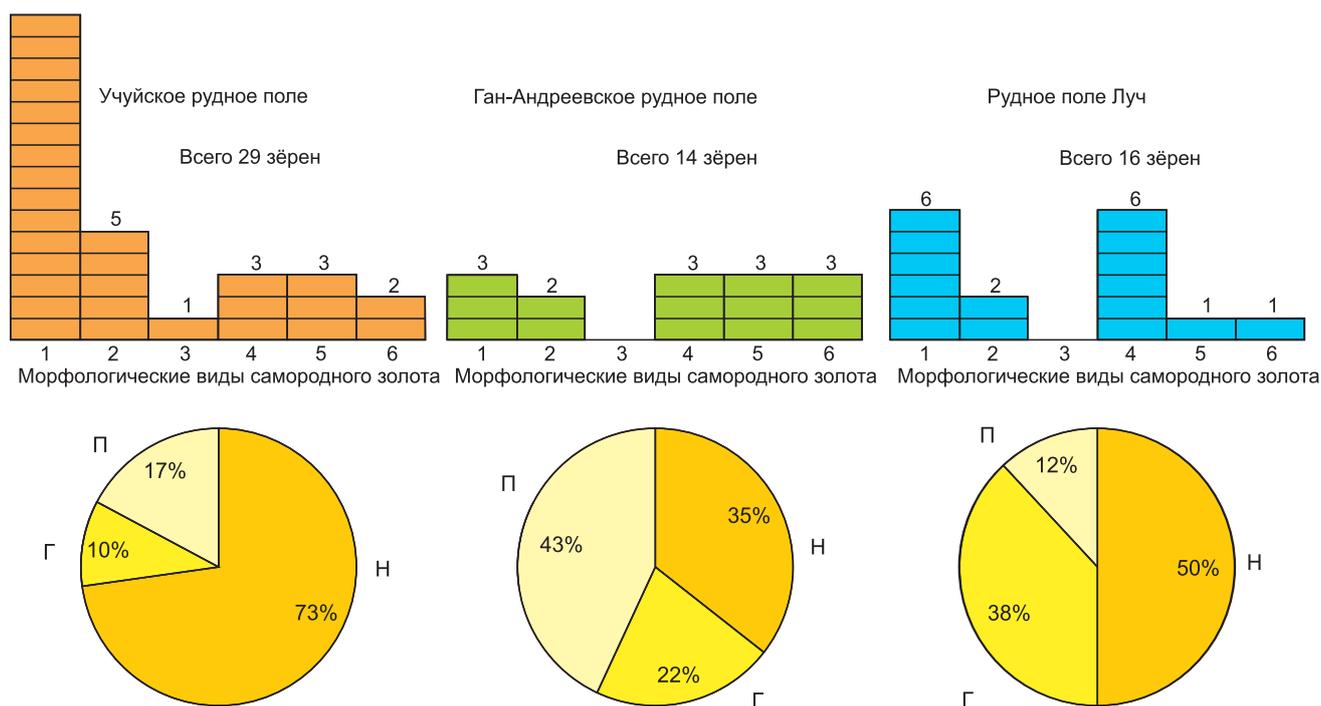


Рис. 2. Частота встречаемости самородного золота разной морфологии на рудных полях Учуйского рудного узла: Учуйское, Ган-Андреевское, Луч:

неправильный тип (Н): трещинно-прожилковый (1), цементационный (2) и интерстициальные виды (3); смешанный тип (Г): гемиидиоморфные выделения (4); правильный тип (П): кристаллы (5), сростки кристаллов (6)

неоднородности вмещающей породы. Достаточно часто цепочки выделений выстраиваются вдоль контактов жильного кварца с развальцованными ксенолитами вмещающих алевролитов. Для данного золота характерна пластинчатая и толстопластинчатая формы выделений, нередко с многочисленными интерстициальными выступами. Гладкий, ячеистый, ямчатый и ямчато-микробугорчатый рельеф их поверхности определяется характером вмещающей среды и отпечатками вмещающих минералов (рис. 3).

Золото *цементационного морфологического вида* обнаружено в зонах дробления [4, 5]. Такие золотины характеризуются комковидными, угловатыми, паукообразными, ячеистыми и петельчатыми разновидностями. Рельеф поверхности выделений ячеистый, ячеисто-бугорчатый, ямчато-ячеистый, ровный, иногда микробугорчатый (рис. 4, А, Б).

Для *интерстициального морфологического вида* золота характерно отложение в интерстициях агрегатов, друзовых полостях и пустотах выщелачивания. Отличительной чертой является совместная кристаллизация, скорее всего, равновесная с другими

минералами при отстаивании роста золота [4, 5]. Интерстициальные выделения золота линзовидной и неправильной форм зафиксированы исключительно в пределах рудного поля Учуйское (см. рис. 4, В). Золотины неправильных (трещинно-прожилковые, цементационные, комковидные, иногда интерстициальные) форм резко преобладают в пределах рудного поля Учуйское (73%), в то же время на рудном поле Ган-Андреевское их количество сокращается почти в два раза (~35%).

Золото *гемиидиоморфного морфологического вида* кристаллизуется в неоднородных средах при наложении гидротермально-метасоматических процессов на уже сформированные минеральные ассоциации. В результате физико-химического взаимодействия реализуются условия частичного свободного роста, отложение и переложение золота среди ранних парагенезисов [4, 5]. Золотины представлены как несовершенными кристаллическими формами с ксеноморфными «хвостами», так и прожилковыми и комковидными выделениями с ограниченными кристаллическими выступами и интерстициальными ответвлениями (рис. 5). Поверхность частиц ровная

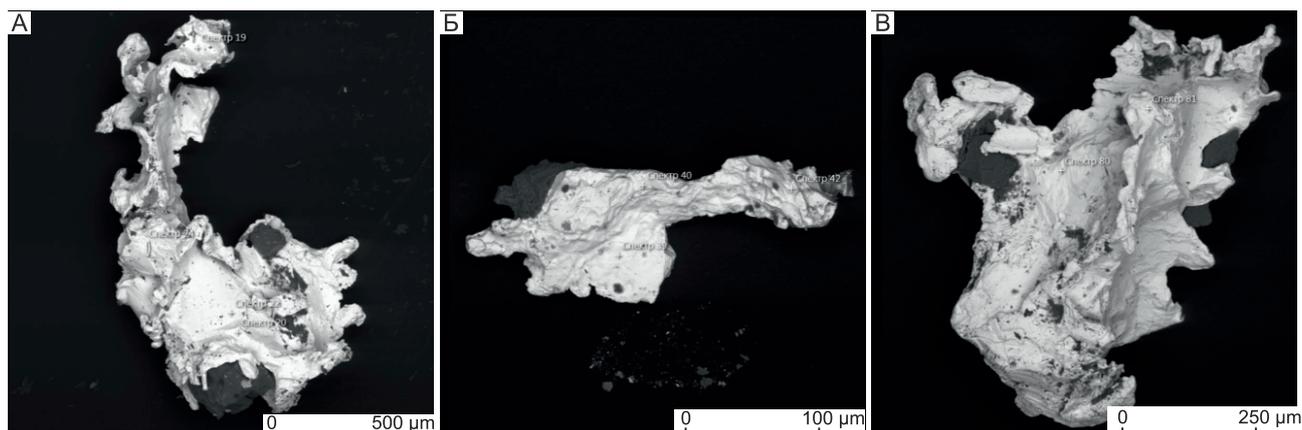


Рис. 3. Золото трещинно-прожилкового морфологического вида из объектов Учуйского рудного узла (СЭМ):

А – с многочисленными интерстициальными выступами, отпечатками вмещающих минералов на ямчато-ячеистой поверхности; Б – тонкопластинчатое с микробугорчатой поверхностью; В – с пластинчатыми ответвлениями, отпечатками вмещающих минералов на «оглаженной» поверхности, внутри отпечатков – ямчато-микробугорчатый рельеф

и мелкоячеисто-ямчатая. На ней часто наблюдаются отпечатки компромиссных граней минералов, главным образом пирита.

Максимальная частота встречаемости гемиидиоморфных выделений фиксируется в пределах рудного поля Луч (37,5%).

Условия образования *кристаллов и их сростков* предполагают наличие свободного пространства для их формирования – пустот, каверн или миарол

во вмещающих породах на момент воздействия на них гидротермально-метасоматических процессов. В ограниченном объёме данный вид золота встречается на всей территории Учуйского узла, чаще всего на рудном поле Ган-Андреевское (42,8%). Для кристаллов характерны изометричные, искажённые (вытянутые или уплощённые), скелетные разновидности [4, 5], ровная поверхность со ступенями роста и отпечатками вмещающих минералов, у кристаллических

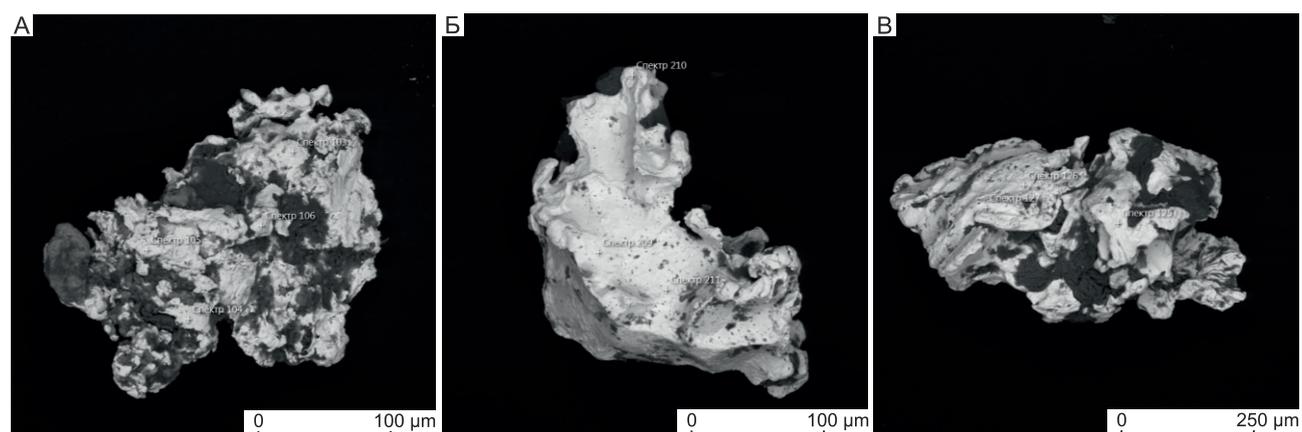


Рис. 4. Золото цементационного и интерстициального морфологических видов из объектов Учуйского рудного узла (СЭМ):

А – комковидной формы с ячеистой поверхностью, с сохранившимися вторичными минералами; Б – комковидно-цементационной формы, с ровной, местами бугорчатой поверхностью и отпечатками вмещающих минералов на ней; В – интерстициальное золото с бугорчато-ячеистой поверхностью

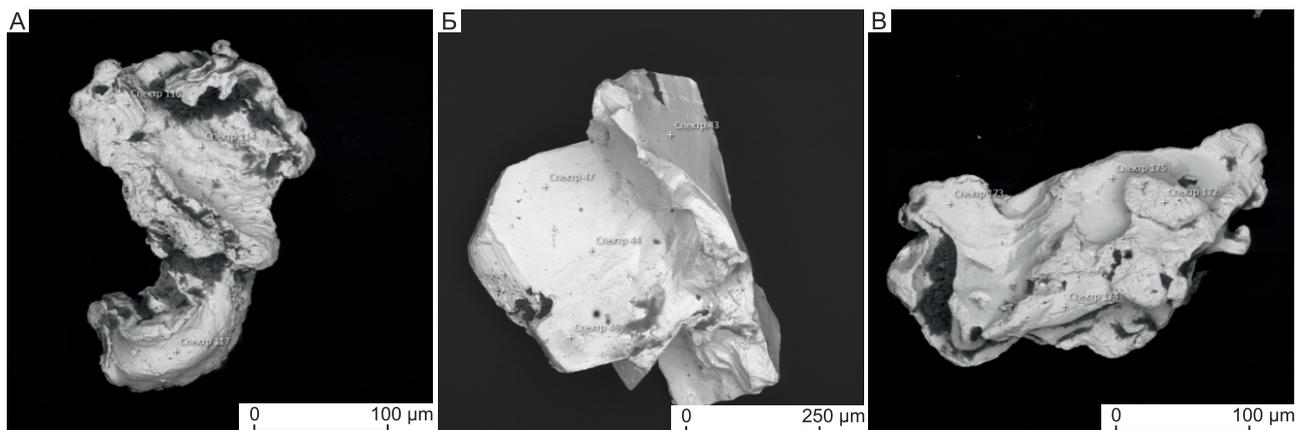


Рис. 5. Золото геммидиоморфного морфологического вида из объектов Учуйского рудного узла (СЭМ):

А – удлинённая интерстициально-прожилковидная золотина с кристаллическим выступом, ровной и ячеисто-бугорчатой поверхностью; Б – пластинчатый кристалл с основанием интерстициальной формы, поверхность частицы ровная; В – геммидиоморфное выделение комковидно-удлинённого габитуса с кристаллическими выступами, поверхность его относительно ровная с крупными отпечатками кристаллов других минералов

срошков отмечаются начальный расщеплённый рост и округление граней (рисунки 6, 7).

На поверхности большинства исследованных золотин различной морфологии наблюдается микропористость, которая может быть признаком слабопроявленных процессов выщелачивания в гипергенных условиях.

Состав самородного золота и особенности его внутреннего строения. Исследования состава самородного золота рудных полей Учуйское и Луч мето-

дом РСМА показали, что основными компонентами являются Au и Ag (рис. 8). Полученная пробыность золота при этом укладывается в диапазон 840–910%, содержания микропримесей незначительны – в количестве 0,1–0,25% присутствуют Te и Hg, концентрации остальных элементов оказались ниже предела чувствительности прибора.

Следует отметить, что состав самородного золота и его внутреннее строение в гидротермальных жильных образованиях и метасоматически изменённых

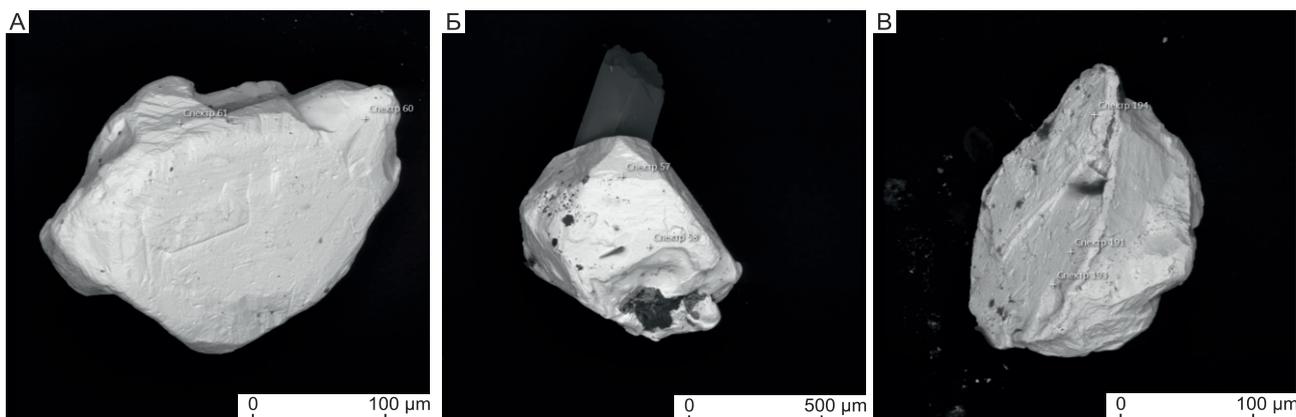


Рис. 6. Кристаллы золота из объектов Учуйского рудного узла (СЭМ):

А – толстопластинчатый кристалл, поверхность его ровная с отпечатками компромиссных граней вмещающих минералов; Б – изометричный кристалл с пирамидальной вершиной, с заметным ступенчатым ростом на одной из граней и отпечатком вмещающих минералов, поверхность ровная; В – кристалл нарастания с ровной поверхностью

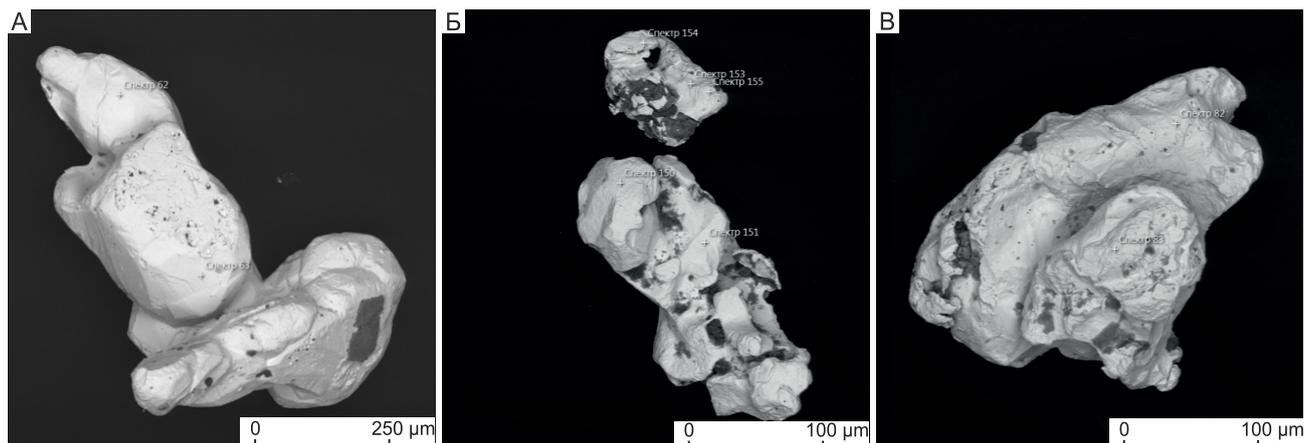


Рис. 7. Кристаллические сростки золота из объектов Учуйского рудного узла (СЭМ):

А – сросток искажённых кристаллов со слабоокруглёнными гранями, притупленными рёбрами, поверхность ровная; Б – сросток несовершенных кристаллов, поверхность ровная и ступенчатая, с отпечатками вмещающих минералов; В – сросток кристаллов с округлёнными гранями, поверхность ровная

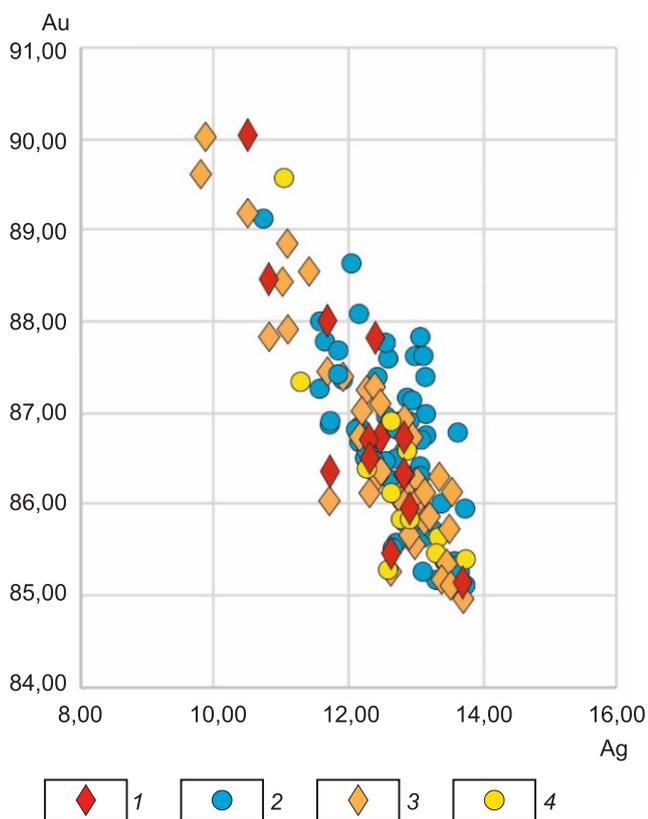


Рис. 8. Распределение Au и Ag в самородном золоте из рудных объектов Учуйского рудного узла. По данным РСМА (в мас. %):

1 – березитизированные породы рудного поля Учуйское; 2 – гидротермалиты рудного поля Учуйское; 3 – сульфидизированные песчаники рудного поля Луч; 4 – гидротермалиты рудного поля Луч

вмещающих породах для рудных полей Учуйское и Луч сходны.

В жилах № 1 и № 5 рудного поля Учуйское пробаность золота, по данным РСМА, варьирует от 842 до 884 ‰, отмечаются микропримеси Те и Hg. Внутреннее строение разномасштабное, двойниковое, реже монокристаллическое (рис. 9) с признаками эндогенных преобразований – развитием по периферии диффузионных зон, обеднённых Ag, неравномерной мощности. В структуре золота жилы № 1 отмечаются деформации (изгибы и обрывы) двойников и проявлена тонкая фазовая неоднородность вследствие распада твёрдого раствора (рис. 10, А). Также встречаются единичные межзерновые высокопробные прожилки и зародышевая коррозия, свидетельствующие о начальных преобразованиях золота в зоне окисления.

Золото, извлечённое из метасоматически изменённых песчаников с кварцевым прожилкованием рудного поля Учуйское, весьма сходно с золотом из жильных образований по составу и внутреннему строению.

Его пробаность, по данным РСМА, составляет 850–891 ‰, из микропримесей присутствуют в статистически значимых количествах Те и Hg.

Строение золота разно- и монотермное, с двойниками, эндогенными преобразованиями – неравномерной мощности диффузионными зонами повышенной пробаности и расплывающимися границами двойников вплоть до возникновения пятнистой неоднородности, а иногда – следами начальной дезинтеграции зёрен (рис. 11, А). В единичных случаях встречаются гетерофазные частицы – сростания

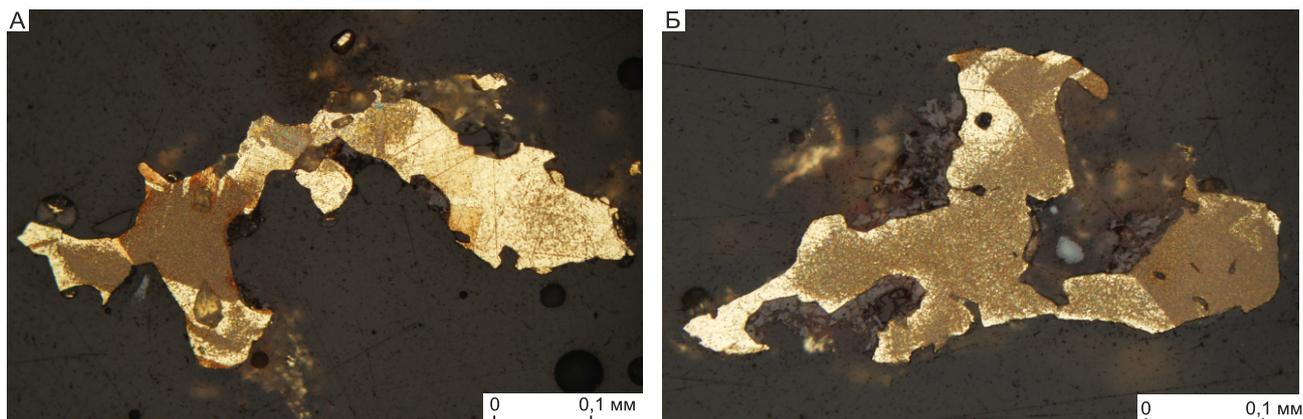


Рис. 9. Крупнозернистая двойниковая структура золота с диффузионной зоной, обеднённой Ag, неравномерной мощности. Рудное поле Учуйское, жилы № 1 (А), № 5 (Б); монтаж. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

золота деформированной пятнисто-неоднородной с двойниками структуры и более низкопробного золота неяснозонального строения (см. рис. 11, Б).

В жиле Луч одноимённого рудного поля золото золото-кварц-малосульфидного и золото-антимонит-кварцевого типов весьма сходно по составу и строению как между собой, так и с золотом рудного поля Учуйское. Пробность золотин золото-кварц-малосульфидного типа, по данным РСМА, варьирует в пределах 845–873‰, а золото-антимонит-кварцевого типа – 851–900‰. В золоте обоих типов отмечаются примеси Te и Hg.

Для всего золота характерно зернистое двойниковое внутреннее строение с развитием неравномерно проявленных диффузионных зон, обеднённых Ag, и участков с пятнисто-неоднородной структурой (рис. 12, А). Двойники обрывающиеся и нарушенные,

с размытыми границами. В редких случаях в структуре золота кварц-малосульфидного типа отмечаются признаки начальной дезинтеграции, антимонит-кварцевого типа – признаки перекристаллизации и тонкая фазовая неоднородность (см. рис. 12, Б). Золото в гипергенных условиях преобразовано незначительно, что подтверждается наличием в структуре одной золотины мелких межзерновых высокопробных прожилков по границам рекристаллизованных зёрен (см. рис. 12, Б).

Золото из сульфидизированных песчаников рудного поля Луч идентично золоту гидротермалитов. По данным РСМА, пробность золотин составляет 852–892‰, из элементов-примесей присутствуют Te и Hg. Структура золота также моно- и разномасштабная, двойниковая, часто со структурами распада твёрдых растворов в центральной части зёрен (см. рис. 10, Б).

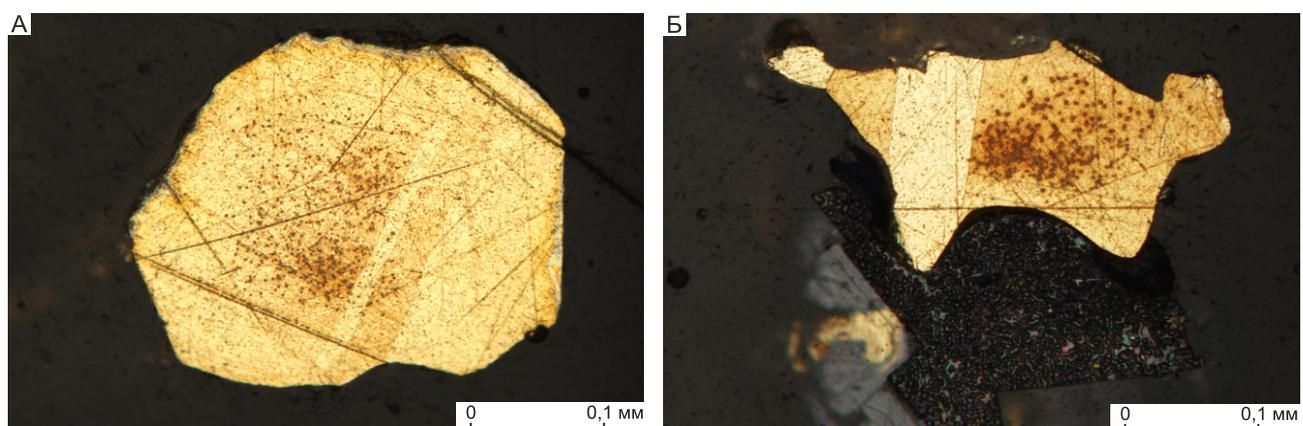


Рис. 10. Двойниковая структура золота с фазовой неоднородностью в центральной части выделения. Рудное поле Учуйское, жила № 1 (А), рудное поле Луч, т. н. 1038 (Б); монтаж. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

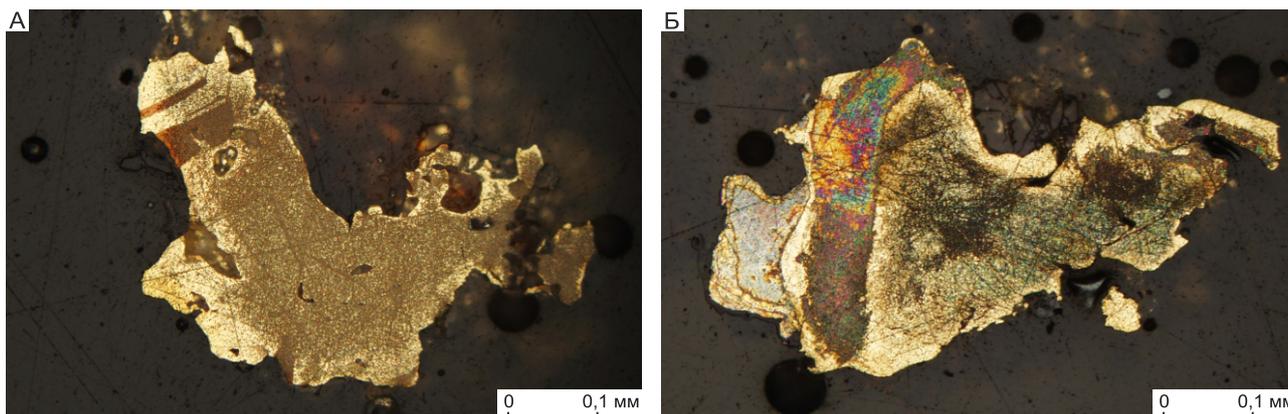


Рис. 11. Золото зернистого двойникового внутреннего строения, с диффузионной более высокопробной зоной по периферии (А); срастание золота деформированной пятнисто-неоднородной структуры и неяснозонального золота более низкой пробыности (Б). Рудное поле Учуйское, т. н. 2035; монтаж. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

В большинстве изученных золотин выявляются нарушение двойников, пятнистая неоднородность и диффузионные каймы, обеднённые Ag (рис. 13, А). В редких случаях встречаются гетерофазные золотины, где золото неяснозернистого зонального строения, вероятно, более низкопробное, отмечается в виде нарастаний или обособлений в золоте со структурами распада (см. рис. 13, Б). Гипергенные преобразования проявлены слабо – в единичной золотине обнаруживаются высокопробные межзерновые прожилки.

Выводы. Морфология золотин рудных объектов Учуйского рудного узла характеризуется преобладанием частиц неправильного морфологического типа при заметной роли правильных и гемиидиоморф-

ных. Поверхность выделений отличается разнообразным рельефом с отпечатками вмещающих минералов. Данные характеристики отражают специфику среды кристаллизации золота – стеснённые условия в трещинах кварцевых жил и развальцованных ксенолитах вмещающих алевролитов при наличии свободных пустот и зон дробления, а также при наложении гидротермально-метасоматических процессов на уже сформированные минеральные ассоциации.

В пределах Учуйского рудного узла, по данным РСМА, для золота характерны средняя (842–900‰) пробыность и постоянное присутствие микропримесей Te и Hg. Внутреннее строение золотин в основном разнозернистое, двойниковое, с признаками

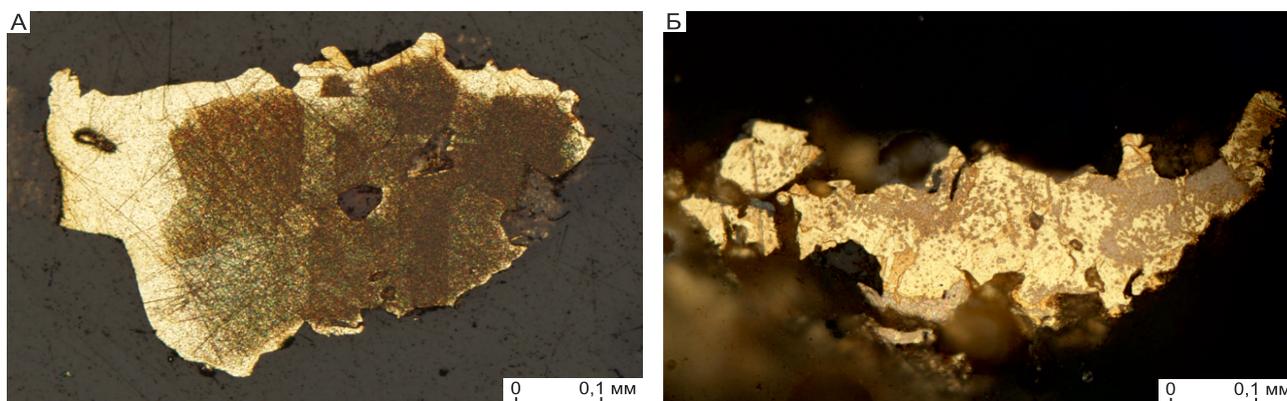


Рис. 12. Золото зернистого двойникового строения: с неравномерно развитой диффузионной зоной, обеднённой Ag (А); со структурами распада твёрдого раствора и межзерновыми высокопробными прожилками по границам рекристаллизованных зёрен (Б). Рудное поле Луч, т. н. 1041; монтаж. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

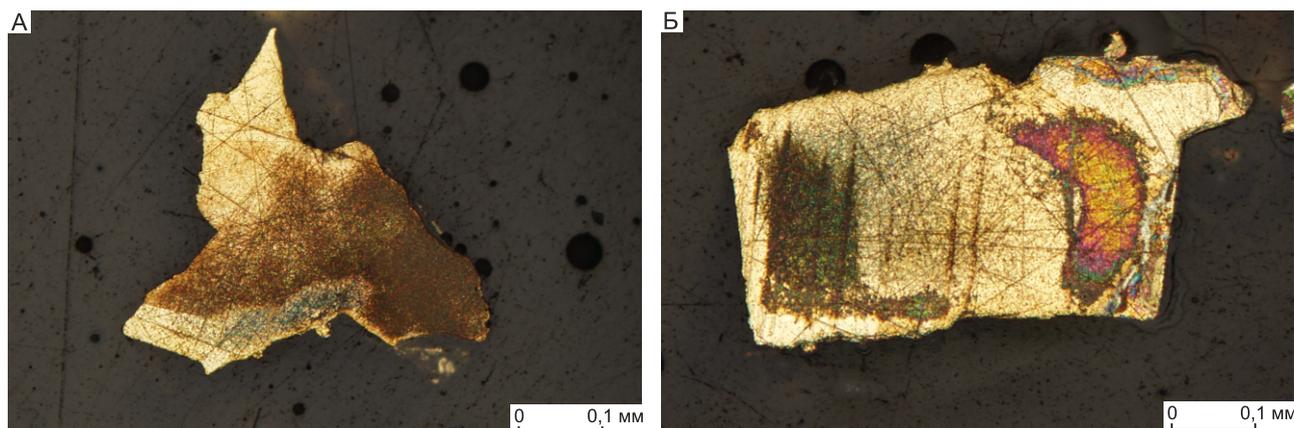


Рис. 13. Нарушенные двойники в золоте тонко-неоднородного строения с фрагментарной диффузионной зоной, обеднённой Ag (А); обрастание золота со структурами распада золотом зонального строения (Б). Рудное поле Луч, т.н. 1038; монтаж. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

эпигенетических преобразований в виде деформированных обрывающихся двойников, пятнистой и тонкой фазовой неоднородности (структуры распада твёрдых растворов), иногда – начальной дезинтеграции и перекристаллизации.

Большое количество в структуре золотин двойников роста отражает, на взгляд авторов, обстановку дефицита свободного пространства, что частично согласуется с представлениями о наложении золотой минерализации на сформированные ранее минеральные ассоциации.

Особенностью структуры золотин является развитие фрагментарных или сплошных диффузионных зон, обеднённых Ag, различной мощности, что типично для золота, отлагавшегося в ореолах гранитоидных массивов.

О полистадийном процессе рудогенеза свидетельствует присутствие в сульфидизированных песчаниках гетерофазных золотин – частиц средней пробы неяснозернистой неоднородной структуры, в которых более низкопробное золото отмечается в виде нарастаний или обособлений зонального строения.

Золото незначительно преобразовано в гипергенных условиях, о чём свидетельствует наличие пор выщелачивания на поверхности золотин, редкие мелкие межзерновые высокопробные прожилки в структуре единичных выделений и зародышевая коррозия.

Сходство типоморфных признаков (форма, состав, внутреннее строение, характер поверхности) золота рудных полей Учуйское и Луч показывает, что все структурно-морфологические типы золотого оруденения имеют тесную пространственную и генетическую связь в рамках единого гидротермально-метасоматического этапа рудогенеза.

Различие в соотношении морфологических типов самородного золота рудного поля Ган-Андреевское позволяет предполагать отличие процессов рудогенеза от таковых для рудных полей Учуйское и Луч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко Н. В., Иванов М. А., Фесенко М. А., Селиванов П. В. Геологическое строение и типоморфизм золота месторождения Учуй Джолоагагского рудного района // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2012. – № 6. – С. 72–76.
2. Буянкин А. Г., Султанаев Р. Г., Коваленко А. И. [и др.] Отчёт о результатах поисковых работ на золото в пределах Адычанской золотоносной зоны в междуречье верховьев Адычи-Джолоакага в 1998–2003 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=8b17b2a0321e7b486dc64159cf405fc1> (дата обращения 08.04.2022).
3. Классен Г. А. Отчёт по подсчёту запасов Учуйского золоторудного месторождения. – Якутск : ГРО ЯГПУ, ТГФ, 1947.
4. Николаева Л. А. [и др.] Самородное золото России: атлас. – М. : Изд-во Акварель, 2015. – 200 с.
5. Петровская Н. В. Самородное золото. – М. : Наука, 1973. – 347 с.
6. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1962. – 1132 с.
7. Сенотрусов Ю. И., Наумова О. Н., Мусалитин Л. А. [и др.] Геологическое доизучение с общими поисками масштаба 1:50 000 в бассейне верхнего течения р. Джолоага на площади листов: Q-54–73-А-в, г; Б-в, г; В-а, б; Г; 74-А-в, г; Б-в, г; В, Г; 75-В; 86-А, Б; 87-А-а, б в 1993–2001 гг. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rfgf.ru/catalog/docview.php?did=7d725f4c7b0979db5f12cdaa7ab578bc> (дата обращения 08.04.2022).

REFERENCES

1. *Bondarenko N. V., Ivanov M. A., Fesenko M. A., Selivanov P. V.* Geologicheskoye stroeniye i tipomorfizm zolota mestorozhdeniya Uchuy Dzholakagskogo rudnogo rayona [Geological structure and typomorphism of gold at the Uchuy deposit, Dzholakag ore district]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*, 2012, No. 6, P. 72–76. (In Russ.)
2. *Buyankin A. G., Sultanaev R. G., Kovalenko A. I. [et al.]* Otchot o rezul'tatakh poiskovykh rabot na zoloto v pre-delakh Adychanskoy zolotonosnoy zony v mezhdurech'ye verkhov'yev Adychi-Dzholakaga v 1998–2003 gg. [Report on the results of prospecting for gold within the Adychansk gold-bearing zone in the interfluvium of the upper reaches of the Adycha-Dzholakag in 1998–2003], available at: <https://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=8b17b2a0321e7b486dc64159cf405fc1> (accessed: 04/08/2022). (In Russ.)
3. *Klassen G. A.* Otchot po podschotu zapasov Uchuyskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya [Report on the calculation of the reserves of the Uchuy gold deposit]. Yakutsk, GRO YAGPU, TGF publ., 1947. (In Russ.)
4. *Nikolayeva L. A. [et al.]* Samorodnoye zoloto Rossii: atlas [Native gold of Russia: atlas]. Moscow, Akvarel publ., 2015, 200 p. (In Russ.)
5. *Petrovskaya N. V.* Samorodnoye zoloto [Native gold]. Moscow, Nauka publ., 1973, 347 p. (In Russ.)
6. *Ramdor P.* Rudnyye mineraly i ikh srastaniya [Ore minerals and their intergrowths]. Moscow, Izdatelstvo inostranoy literatury publ., 1962, 1132 p. (In Russ.)
7. *Senotrusov Yu. I., Naumova O. N., Musalitin L. A. [et al.]* Geologicheskoye doizucheniye s obshchimi poiskami mashtaba 1:50 000 v bassejne verkhnego techeniya r. Dzholakag na ploshchadi listov: Q-54-73-A-v, g; B-v, g; V-a, b; G; 74-A-v, g; B-v, g; V, G; 75-V; 86-A, B; 87-A-a, b v 1993–2001 gg. [Geological additional study with general searches on a scale of 1:50,000 in the basin of the upper reaches of the river. Dzholakag on the sheet area: Q-54-73-A-c, d; B-c, d; V-a, b; G; 74-A-c, d; B-c, d; V, G; 75-B; 86-A, B; 87-A-a, b in 1993–2001], available at: <https://rfgf.ru/catalog/docview.php?did=7d725f4c7b0979db5f12cd4a7ab578bc> (accessed: 04/08/2022). (In Russ.)

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

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

Типизация вулканогенных отложений каменноугольного комплекса пород Миндякской грабен-синклинали Вознесенско-Присакмарской структурно-формационной зоны Южного Урала

Результаты проведённых исследований показали, что вулканогенные отложения каменноугольного комплекса пород Миндякской грабен-синклинали на Южном Урале сформированы в результате последовательно проявленного конседиментационного вулканизма: раннего умереннощелочного базальтоидного трещинного типа и последующего умереннощелочного базальт-андезиобазальт-дацитового, более обширного по площади распространения.

По условиям локализации, вещественному составу и петрохимическим признакам рассматриваемые вулканогенные породы сопоставимы с типовыми для Урало-Тянь-Шаньского региона вулканогенными отложениями варисских рифтогенных структур зон глубинных разломов (Магнитогорско-Богдановской на Южном Урале и Бозтау-Кокпатасской в Юго-Западном Тянь-Шане), вместе с которыми могут служить в качестве индикаторных для рифтогенных обстановок позднепалеозойской раннеорогенной (раннеколлизивной) тектоно-магматической активизации этого региона.

Полученные данные могут быть использованы для уточнения геологического строения и металлогении Южного Урала.

Ключевые слова: формация, вулканогенно-терригенная толща, вулканогенные породы, базальты, грабен-синклиналь, рифтогенные структуры, зона глубинного разлома.

МИНЬКИН КОНСТАНТИН МАТВЕЕВИЧ, заведующий лабораторией, minkin@tsnigri.ru

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

Typification of volcanogenic deposits of the Carboniferous complex of the Mindyak graben-syncline of the Voznesensko-Prisakmarskaya structural-formational zone of the Southern Urals

K. M. MINKIN

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

The results of the studies show that the volcanogenic deposits of the Carboniferous complex of the Mindyak graben-syncline in the Southern Urals were formed as a result of successively manifested synsedimentary volcanism: early moderately alkaline basaltoid fissure type and subsequent moderately alkaline basalt-basalt-andesite-dacitic type, more extensive in the area.

According to the conditions of localization, composition and petrochemical characteristics, the considered volcanic rocks are comparable with typical for the Ural-Tien Shan region volcanogenic deposits of the Varissky rift structures of deep fault zones (Magnitogorsk-Bogdanovskaya in the Southern Urals and Boztau-Kokpatasskaya in the Southwestern Tien Shan). Together they can serve as indicators for the riftogenic settings of the Late Paleozoic early orogenic (early collisional) tectonic-magmatic activation of this region.

The obtained data can be used to refine the geological structure and metallogeny of the Southern Urals.

Key words: formation, volcanogenic-terriigenous sequence, volcanogenic rocks, basalts, graben-syncline, rift structures, deep fault zone.

Существующая с 70-х годов прошлого века проблема типизации вулканогенных пород, пространственно ассоциирующих с терригенными отложениями D_3-C , приуроченных к наложенным раннеорогенным (раннеколлизийным) грабен-синклинальным прогибам зоны Главного Уральского разлома (ГУР) на Южном Урале, до настоящего времени однозначно не решена. Важность решения рассматриваемой проблемы определяется, с нашей точки зрения, необходимостью уточнения роли позднепалеозойских вулканогенных отложений в геологическом строении зоны ГУР, а также их рудоконтролирующей роли для типовых на Южном Урале месторождений золота (Миндякской группы, Малый Коран).

В этом отношении примером могут служить вулканогенные образования Миндякской грабен-синклинали на Южном Урале, вмещающие типовые для Южного Урала золоторудные месторождения (Благодатное, Ремезовское и др.). В разные годы вопросы геологических обстановок локализации, вещественного и петрохимического составов выполняющих грабен-синклиналь вулканогенных отложений, в том числе в связи с проблемой их золотоносности, затрагивались в работах ГДП-50 (Ш.Н. Кац и др., 1980), в материалах разномасштабных поисковых и оценочных работ (Г.А. Резвых и др., 1964; В.В. Кандыба, Н.А. Швалев, 1981; Г.А. Морозов и др., 1992; В.Ф. Созинов и др., 1993) и тематических исследований разных лет специалистов ЦНИГРИ, ИГ УНЦ РАН, ИГГ УрО РАН.

Многими исследователями (Ш.Н. Кац и др., 1980; Ю.В. Казанцев, Т.Т. Казанцева, М.А. Камалетдинов 1990; В.Н. Сазонов, В.В. Мурзин, 1996–2003; И.Б. Севракин и др., 2001, 2013; С.Е. Знаменский, 2010–2015 и др.) вулканогенные породы в составе каменноугольного комплекса отложений Миндякской грабен-синклинали рассматриваются в виде более древних «чужеродных» (олистолиты, тектонические пластины) образований, представленных комплексами пород основания. С учётом петрохимических характеристик этими исследователями рассматриваемые вулканогенные образования сопоставляются с низкотитанистыми океаническими толеитовыми базальтами раннегеосинклинальной толеит-базальтовой формации, а также с андезитами известковистого типа Пеле островодужной базальт-андезит-базальтовой формации ирендыкской свиты.

В то же время результаты многолетних работ специалистов ЦНИГРИ (Н.И. Бородаевский и др., 1960–1964; Ю.И. Новожилов, 1967; В.Н. Сорокин, 1970, П.Г. Кучеревский, К.М. Минькин, 1997–2002 и др.) свидетельствуют в пользу проявленного в пределах Миндякской грабен-синклинали конседиментационного раннекаменноугольного вулканизма.

Однако, в отношении геологической позиции и формационной принадлежности продуктов этого вулканизма единых представлений выработано не было.

Н.И. Бородаевским и др. (1964) рассматриваемые вулканогенные отложения были выделены в качестве конседиментационных в составе пород «диабазовой» толщи берёзовской ($C_1t_2-v_1$) и «порфиритовой» толщи зилаирской (D_3-C_1t) свит и характеризовались опрокинутым залеганием. По результатам петрохимического изучения вулканогенных пород «диабазовой» и «порфиритовой» толщ, рядом исследователей [Н.И. Бородаевский и др., 1964; 9, 14] они рассматривались в составе самостоятельных позднепалеозойских комплексов: вулканогенные породы «диабазовой» толщи отнесены этими исследователями к низкокалиевым базальтам нормального ряда берёзовской свиты (C_1t-v), сопоставляемым с платобазальтами, а породы «порфиритовой» толщи – к низкокалиевым андезитоидам с пониженным содержанием кремнезёма в составе зилаирской свиты (D_3-C_1t).

Позднее по результатам исследований ЦНИГРИ 1997–2002 гг. был сделан вывод о закономерном вхождении базальтоидов «диабазовой» толщи и базальт-андезит-базальтовых пород «порфиритовой» толщи в каменноугольный комплекс вулканогенно-терригенных отложений с нормальной стратиграфической последовательностью залегания пород (П.Г. Кучеревский, К.М. Минькин, 1999, 2002). Базиты отнесены к породам субщелочного ряда калиево-натриевой серии, что свидетельствует, по мнению авторов, об их отличии от недифференцированных толеитовых базальтов офиолитовой ассоциации и дифференцированных базальтоидов более поздних формаций сопредельных островодужных структурно-формационных комплексов. В то же время показано сходство базитов «диабазовой» толщи, вмещающей золоторудные месторождения Миндякской группы, с базальтоидами каменноугольных рифтогенных рудоносных толщ золото-сульфидных месторождений Кокпатаасской группы (Центральных Кызылкумов).

К настоящему времени накоплен значительный объём оригинальных, полученных в ходе тематических исследований ЦНИГРИ 1982–2002 гг. в Центральных Кызылкумах и на Южном Урале, а также опубликованных и архивных данных по геологии и петрохимии вулканогенных комплексов варисцид Урало-Тянь-Шаньского региона, позволивших автору определить черты сходства каменноугольных вулканогенных пород Миндякской грабен-синклинали с типовыми для Урало-Тянь-Шаньского региона варисскими рифтогенными комплексами вулкаников (Магнитогорско-Богдановской грабен-синклинали на территории Южного Урала и Бозтау-Кокпатаасской грабен-синклинали в Центральных

Кызылкумах), приуроченными к зонам глубинных разломов (рис. 1).

Миндякская грабен-синклинали, Южный Урал.

В существующих схемах структурно-формационного районирования Урала Миндякская грабен-синклинали приурочена к Вознесенско-Присакмарской структурно-формационной зоне (СФЗ), совпадающей с системой Главного Уральского разлома (ГУР) на границе Магнитогорской мегазоны с Уралтауским поднятием ВЕП (см. рис. 1).

В пределах Вознесенско-Присакмарской СФЗ рассматриваемая грабен-синклинали входит в систему наложенных раннеорогенных (раннеколлизионных) грабен-синклиналиных прогибов, выполненных комплексом терригенных, терригенно-карбонатных и вулканогенно-терригенных отложений D_3fm-C_1 (Н.И. Бородаевский и др., 1964). Обрамлением служат комплексы пород основания – раннегеосинклиналиные метаморфизованные терригенно-вулканогенные (О–S) и ультрабазит-базитовые породы офиолитовой ассоциации ($S_{1l-v}-S_{2ld}$), островодужные вулканогенно-терригенно-карбонатные отложения ($D_{1g}-D_{3fr}$).

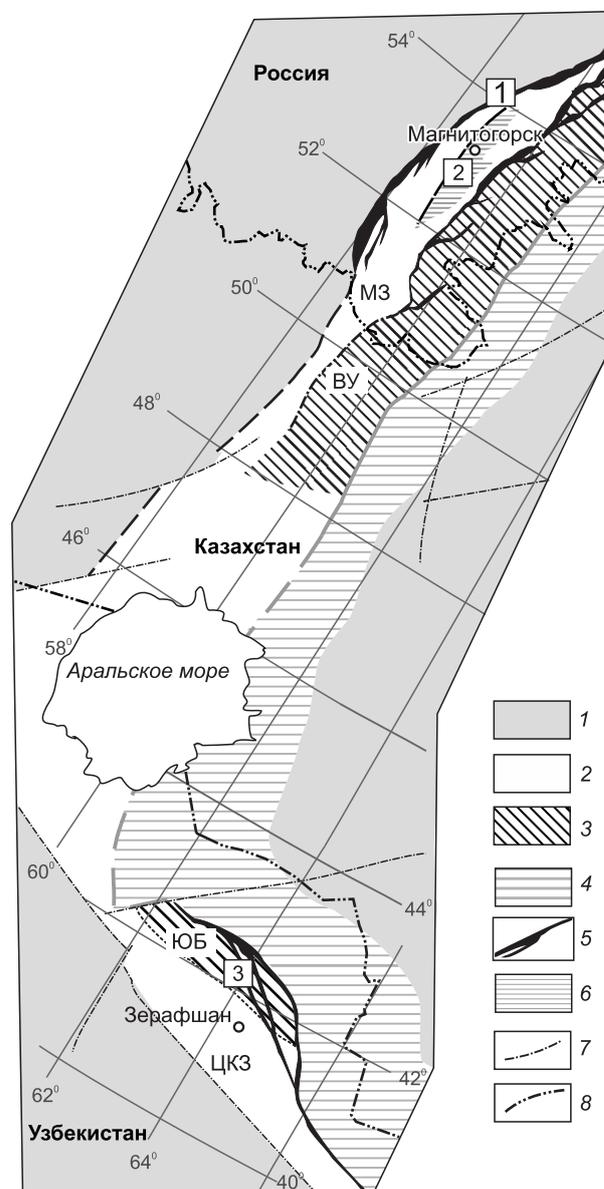
Собственно вулканогенные отложения (лавовые, лавокластические и ассоциирующие с ними вулканогенно-осадочные) в пределах грабен-синклинали локализованы в комплексе вулканогенно-терригенно-карбонатных отложений C_1 , составляя не более 10% от его объема (рисунки 2, 3). По данным поисковых работ разных лет (Г.А. Резвых и др., 1964; В.В. Кан-

дыба, Н.А. Швалев, 1981; В.Ф. Созинов и др., 1993 и др.), они прослежены узкой полосой от д. Кубагушево на юге до д. Мусино на севере. Выведенные на поверхность разновозрастными складчатыми и разрывными дислокациями рассматриваемые вулканогенные отложения имеют достаточно крутое ($60^{\circ}-80^{\circ}$), но в целом согласное залегание, границы с вмещающими отложениями как тектонические, так и отвечают нормальному стратиграфическому залеганию пород (Н.И. Бородаевский и др., 1964; Ш.Н. Кац, 1980).

По полученным данным П.Г. Кучеревского, К.М. Минькина и др. (2002), вулканогенные породы в разрезе комплекса C_1 приурочены к его средней части, представленной толщей вулканогенно-терригенных отложений (см. рисунки 2, 3). В качестве

Рис. 1. Положение раннеорогенных (раннеколлизионных) варисских Миндякской грабен-синклинали, Магнитогорско-Богдановского грабена Южного Урала и Бозтау-Кокпатасской грабен-синклинали Центральных Кызылкумов в области сочленения Урала и Тянь-Шаньского региона. По материалам А. М. Дымкина, В. М. Нечухина, В. Н. Пучкова и др., 1981; А. К. Бухарина и др., 1985; Н. И. Бородаевского и др., 1982; Н. К. Курбанова и др., 2004; Ю. Г. Леонова и др., 2015 и др.:

1 – континентальные окраины; зоны: 2 – геосинклиналиные: Магнитогорская (МЗ) и Центрально-Кызылкумская (ЦКЗ), 3 – геоантиклинальные: Восточно-Уральская (ВУ) и Южно-Букантауская (ЮБ), 4 – Валериановско-Кураминская вулканоплутонических комплексов пород (вулканоплутонический пояс) и 5 – региональных разломов, включающие каменноугольные комплексы офиолитового меланжа и рифтогенных вулканогенно-терригенных пород; 6 – каменноугольные вулканогенно-терригенные отложения Центрально-Магнитогорской СФЗ; 7 – зоны поздних разломов; 8 – государственная граница; цифры в квадратах – размещение раннеорогенных (раннеколлизионных) варисских вулканогенных комплексов пород: 1 – Миндякской грабен-синклинали, 2 – Магнитогорско-Богдановского грабена, 3 – Бозтау-Кокпатасской грабен-синклинали



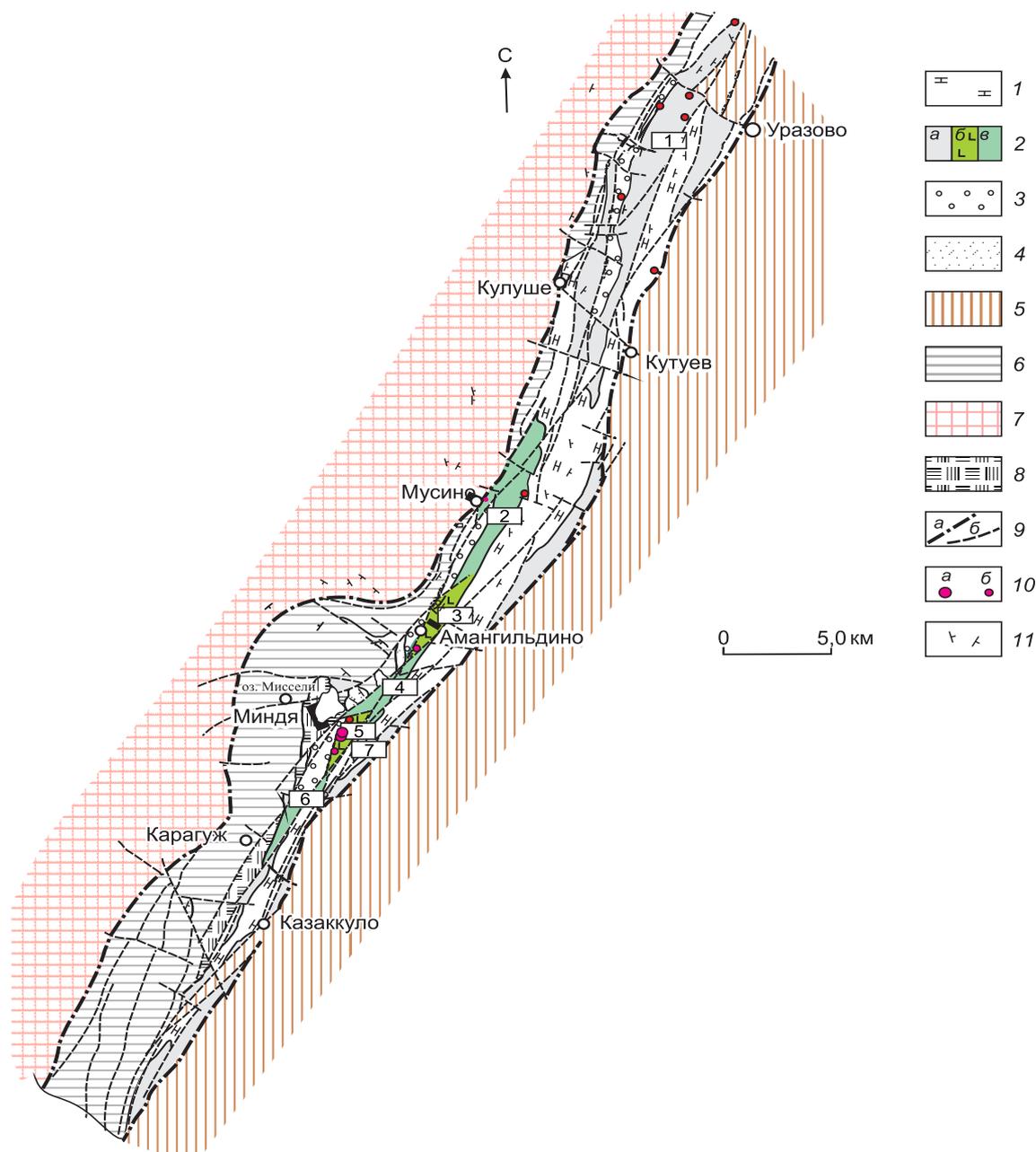


Рис. 2. Положение раннекаменноугольных вулканогенных отложений в плане Миндякской грабен-синклинали. На основе данных ГДП-50, поисковых работ разных лет, а также исследований ЦНИГРИ:

1–4 – раннеорогенный вулканогенно-терригенный комплекс пород, D_3-C_1 , толщи: 1 – терригенно-карбонатных отложений, 2 – вулканогенно-терригенных отложений: а – терригенных флишоидных с подчинённой долей (примесью) вулканогенно-осадочных, б – вулканогенных (лавовых, лавобрекчиевых, лавокластических), в – вулканогенных и вулканогенно-осадочных в ассоциации с терригенными флишоидными (подтверждённые поисковым бурением, В. В. Кандыба, Н. А. Швалев, 1981; В. Ф. Созинов и др., 1993 и др.), 3 – полимиктовых крупнообломочных флишоидных отложений, 4 – терригенных, терригенно-кремнистых отложений граувакковой флишоидной формации (зилаирская свита); 5 – островодужные вулканогенные и вулканогенно-терригенные комплексы, D_1g-D_3r (ирендыкская, улутауская и колтубанская свиты); 6 – раннегеосинклинальные комплексы пород основания (терригенно-вулканогенные породы, $E-O$, и офиолитовой ассоциации, $S_1l-S_2ld_1$); 7 – комплексы метаморфических пород R–V основания Уралтауского поднятия; 8 – интрузии Нурали-Миндякского габбро-диоритового комплекса, C_1t ; 9 – системы разрывных нарушений зоны ГУР, включающие протрузивные тела ультрабазитов, дайки габбро-диабазов: а – ограничивающие Присакмарско-Вознесенскую СФЗ, б – прочие разломы; 10 – положение золоторудных проявлений: а – месторождения Миндякской группы, б – рудопроявления; 11 – элементы залегания пород; цифры в прямоугольниках – положение разрезов, показанных на рис. 3

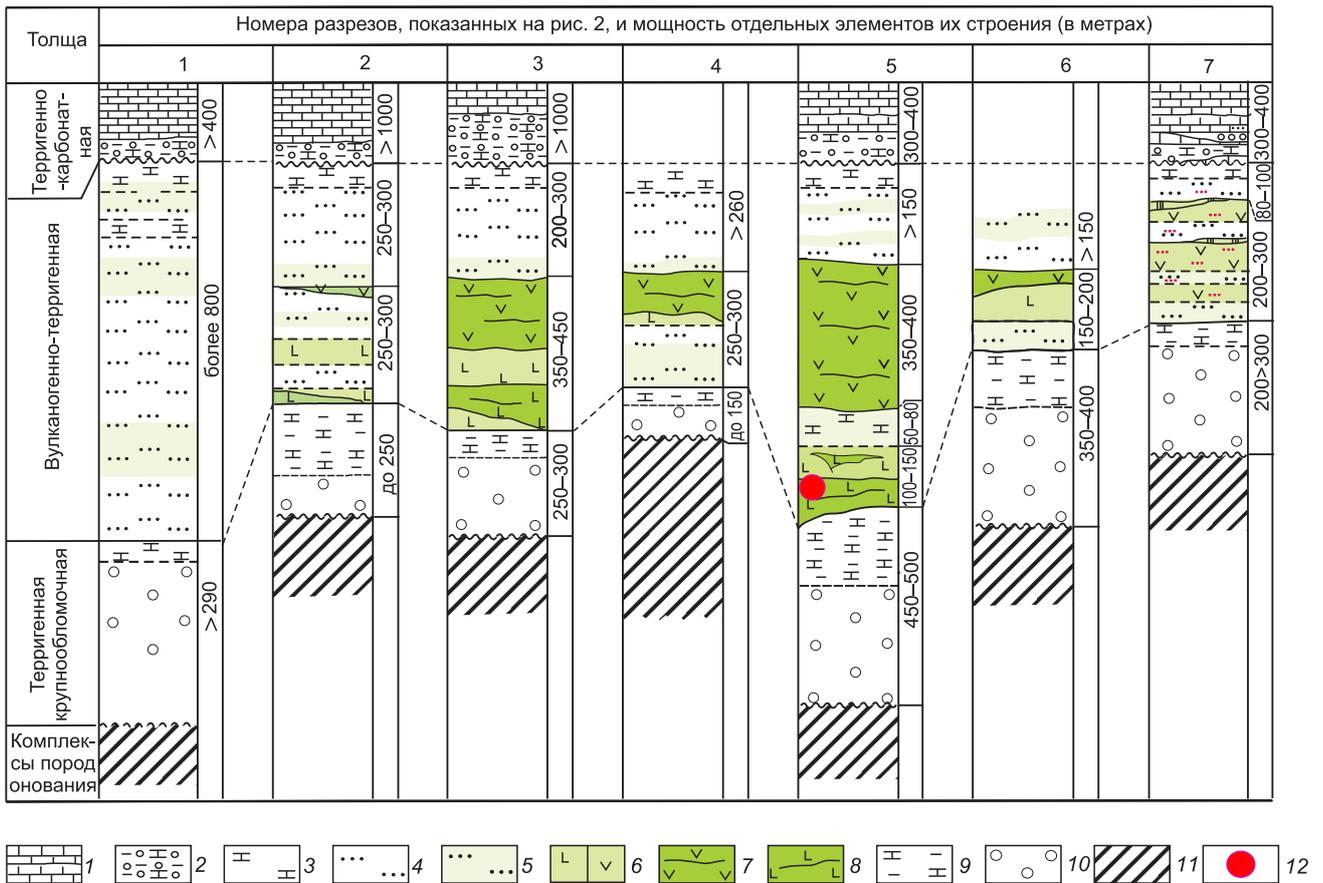


Рис. 3. Положение вулканогенных отложений в разрезе раннекаменноугольного вулканогенно-терригенно-карбонатного комплекса Миндякской грабен-синклинали. При составлении использовались данные ГДП-50 (Ш. Н. Кац и др., 1980), поисковых работ (В. В. Кандыба, Н. А. Швалев и др., 1981; Г. А. Морозов и др., 1992; В. Ф. Созинов и др., 1993) и исследований ЦНИГРИ разных лет:

1, 2 – отложения терригенно-карбонатной толщи: 1 – известняки, 2 – известковистые и полимиктовые конгломераты, песчаники, алевролиты и пелитоморфные породы, прослои известняков; 3–8 – отложения вулканогенно-терригенной толщи: 3 – известковистые и полимиктовые алевролит-аргиллитовые с прослоями песчаников, известковистых конгломератов и известняков, 4 – существенно песчаные флишоидные, 5 – те же флишоидные с заметной примесью вулканогенно-осадочных (кремнисто-хлоритовых, кремнистых сланцев), 6 – вулканогенно-осадочные и вулканомиктовые: а – базальтоидного состава, б – смешанного состава; 7 – вулканогенные (диабазы, базальты, вулканокластические и вулканогенно-осадочные) «диабазовой» пачки, 8 – вулканогенные (диабазы, базальты, андезит-базальты, породы кислого состава (альбитофиры, по Н. И. Бородаевскому, 1964), вулканокластические и вулканогенно-осадочные) «порфирировой» пачки; 9, 10 – отложения терригенной крупнообломочной толщи: 9 – известковистые и полимиктовые конгломераты, песчаники, алевролиты и пелитоморфные породы, прослои известняков, 10 – конгломераты с прослоями песчаников и алевролит-аргиллитов; 11 – отложения комплексов основания; 12 – позиция золоторудных месторождений Миндякской группы (Благодатное, Ремезовское и др.)

подстилающих пород этой толщи служат терригенные отложения зилаирской свиты (D_3-C_1t) и толща полимиктовых крупнообломочных отложений (C_1v_3), перекрывающая толща представлена терригенно-карбонатными и карбонатными породами кизильской свиты, датированными C_1v_3-s (датировки приняты по Ш. Н. Кац, 1980).

Как показали наши исследования, мощность комплекса вулканогенных пород (лавовых, лавобрекчие-

вых, лавокластических и вулканогенно-осадочных) контрастно варьирует, достигая наибольших значений в разрезах локальных участков, отличающихся подчинённой ролью терригенных пород (см. рисунки 2, 3). В пределах таких участков, по данным ГРП разных лет, комплексы вулканогенных отложений локализованы в двух разобщённых в разрезе пачках мощностью до 200 и 450 м («диабазовой» и «порфирировой» толщах, по Н. И. Бородаевскому и др.,

1964), чередующихся с пачками (мощностью 50–150 м и более) существенно терригенных и терригенно-карбонатных пород (см. рис. 3, колонки 2–6).

Комплекс вулканогенных отложений «диабазовой» пачки, занимающий относительно более низкий стратиграфический уровень и отвечающий более раннему времени формирования, развит достаточно локально. Его размещение, как показали наши исследования на участке месторождений Ремезевское и Благодарное [7], контролируется линейными палеограбенами, имеющими протяжённость в первые километры и ширину в сотни метров.

В составе выполняющих палеограбены отложений доминируют лавовые, лавобрекчиевые и ассоциирующие с ними лавокластические базальтоидные отложения. К периферии палеограбена, с уменьшением общей мощности отложений, последовательно проявлены фации с преобладанием лавокластических и вулканогенно-осадочных пород, далее – фации существенно терригенных и терригенно-карбонатных отложений. Такая последовательность смены фациального состава пород отмечается и в разрезе. Мощность выполняющих палеограбен вулканогенно-терригенных отложений варьирует от 50–70 м в его прибортовой части до 150–200 м в приосевой части.

Распределение фаций вулканогенных пород «диабазовой» пачки и их мощности контролируются зонами конседиментационных продольных и поперечных разрывных нарушений, отвечающих ассоциации структур поля тектонических напряжений транспрессивных сдвигов [7]. К зонам поперечных сбросов, как правило, приурочены максимальные мощности базальтоидных отложений, что может свидетельствовать об их магмоподводящей роли, кото-

рая подтверждается элементами первичной полосчатости в диабазах, фиксирующих направление поступления магм.

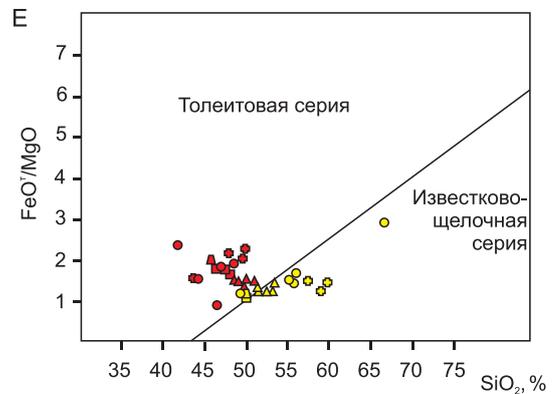
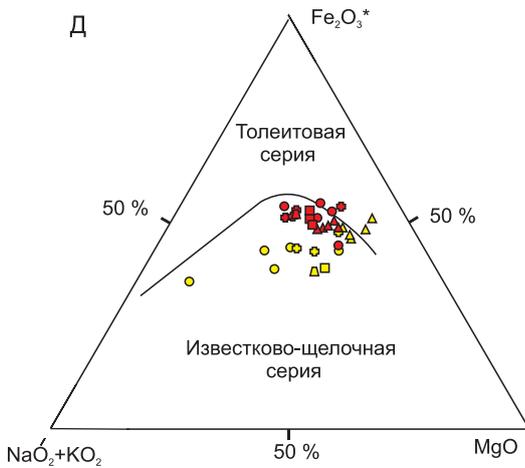
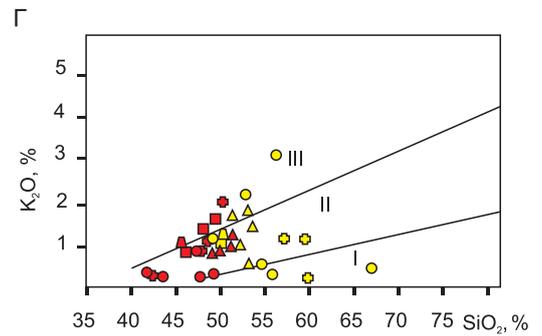
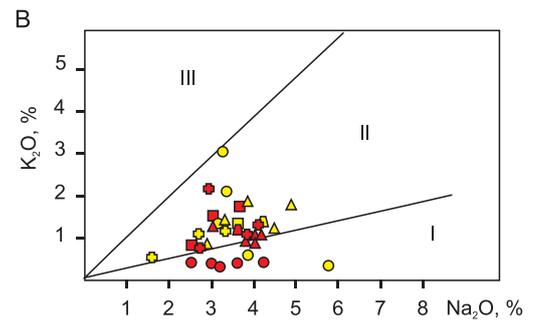
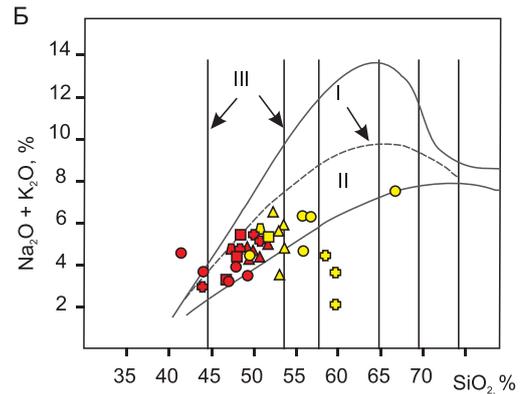
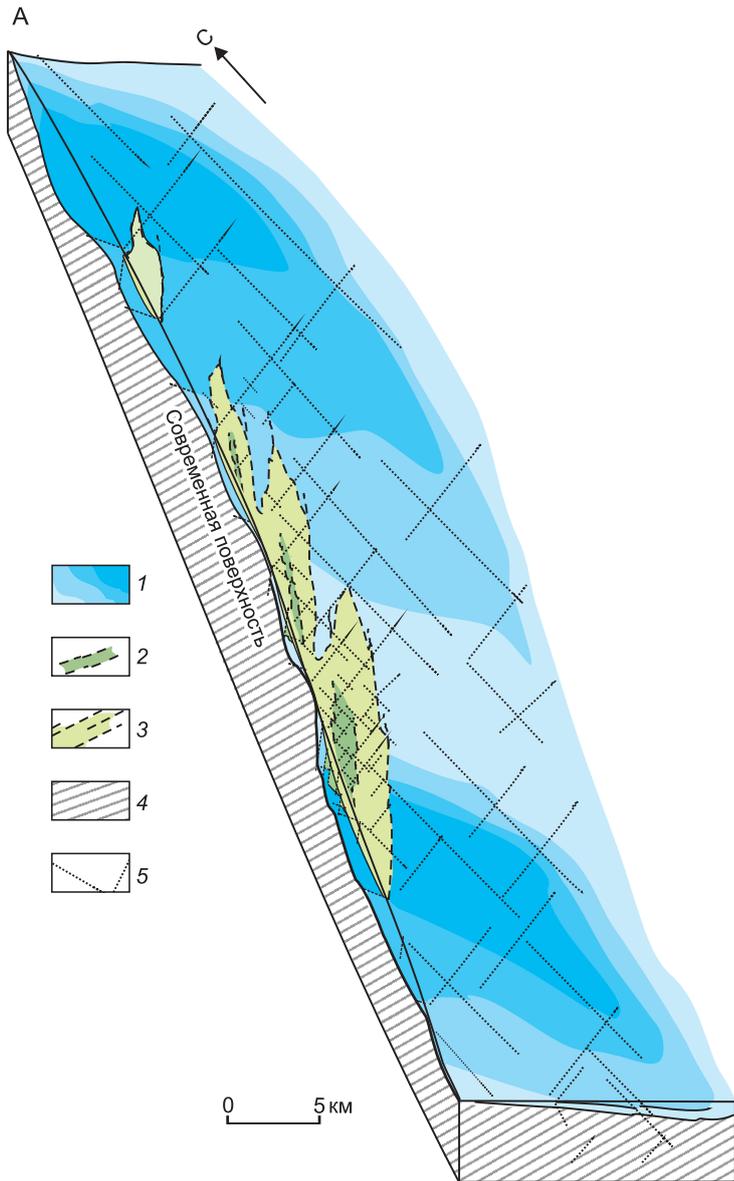
Отдельные базальтоидные лавовые тела имеют вытянутые и уплощённые согласно общему напластованию пород формы, их размеры составляют: протяжённость по простиранию до 150 м, по падению 120–150 м, соотношение длины к мощности 10–15:1 [9]. Сближенные лавовые потоки базальтоидов выделяются в серии, достигающие размеров по простиранию до 500–800 м и по падению до 300–400 м, имеют максимальную мощность около 80–100 м [6]. Потоки лав и их серии разделены горизонтами и прослоями лавокластических и вулканогенно-осадочных пород, известковистых (по составу обломков и цемента) конгломератов.

Ядерные части лавовых потоков, по данным детального картирования специалистов ЦНИГРИ (Н. И. Бородаевский и др., 1964), в сохранившихся фрагментах сложены преимущественно трещиноватыми афанитовыми и мелкозернистыми диабазами, включают уплощённые линзовидные тела плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых диабазовых порфиритов. Во фланговых частях лавовых тел и в составе маломощных потоков характерны базальты, в том числе брекчиевидные, а также с мелкошаровой отдельностью и миндалекаменным строением.

В основной массе диабазов этими же авторами были отмечены лейсты альбитизированного и сосюритизированного плагиоклаза (Ab_8) размером до 0,2–0,7 мм (в количестве до 40–60% от об. п.) в сочетании с агрегатами хлорита (пеннин), нередко эпидота, зёрнами неправильной формы рудного минерала. В диабазовых порфиритах единичные вкрапленники

Рис. 4. Реконструкция обстановок формирования и основные петрохимические характеристики конседиментационных вулканогенных отложений в раннекаменноугольном осадочном бассейне Миндякской грабен-синклинали. С использованием материалов ГДП-50 (Ш. Н. Кац, 1980), тематических исследований ЦНИГРИ разных лет (Н. И. Бородаевский и др., 1964, П. Г. Кучеревский, К. М. Минькин и др., 2002), а также авторских исследований [5]:

А – блок-схема реконструкции обстановок формирования конседиментационных вулканогенных отложений в раннекаменноугольном осадочном бассейне Миндякской грабен-синклинали; Б – диаграмма $SiO_2-(Na_2O + K_2O)$, по [1]: I – нижняя граница области щелочных пород, II – область распространения умереннощелочных (субщелочных) пород, III – границы разделения магматических горных пород на группы по содержанию кремнезёма; В – диаграмма $K_2O - Na_2O$, по [1]: I – натриевая серия, II – калиево-натриевая серия, III – калиевая серия; прямые линии – границы серий пород основного состава; Г – диаграмма K_2O-SiO_2 (по Le Maitre, 1989): I – низкокалиевая серия, II – умереннокалиевая серия, III – высококалиевая серия; прямые линии – границы серий пород; Д – диаграмма AFM ($A (Na_2O + K_2O)-F (FeO + 0,9 Fe_2O_3)-M (MgO)$) с границей (сплошная линия) между известково-щелочной и толеитовой сериями (по Irvine and Baragar, 1971); Е – диаграмма $FeO_{tot}/MgO-SiO_2$ с границей (прямая линия) между известково-щелочной и толеитовой сериями (по Miyashiro, 1974), при составлении диаграмм использовались данные авторов, приведённых в таблице; 1 – комплекс терригенных, терригенно-карбонатных и осадочно-вулканогенных отложений (более тёмный цвет соответствует большей мощности отложений); 2 – продукты умереннощелочного базальтоидного вулканизма трещинного типа, приуроченные к системе локальных грабенов (отложения «диабазовой» пачки); 3 – продукты субщелочного базальт-андезитбазальт-дацитового вулканизма, близкого ареальному, приуроченные к системе унаследовано развивающихся (расширяющихся) грабенов (отложения «порфиритовой» пачки); 4 – комплексы пород основания; 5 – системы конседиментационных разрывных нарушений



Частные составы вулканогенных пород «диабазовой» (красные) и «порфиритовой» (желтые) пачек по данным разных исследователей (номера см. таблице)

- 1 ● 2 ● 3 ▲ 4 ▲ 5
- 6 ● 7. 8. 12 ● 9 ▲ 10 ▲ 11

представлены нацело хлоритизированными цветными минералами. В базальтах лейсты плагиоклаза (Ab_6), составляющие до 60% об. п., удлинённо-призматической формы, размером до 0,6–0,7 мм, часто сдвойникованы. В основной массе – мелкочешуйчатый хлорит, мелкие зёрна рудного минерала, реже землястые агрегаты эпидота. Встречающиеся миндалины выполнены кварцем, хлоритом, иногда альбитом.

В тесной ассоциации с лавовыми находятся лаво-кластические гравелисто-конгломератовые отложения, образующие горизонты мощностью до 8–9 м. В составе обломков размером до 5–8 см отмечаются афанитовые плотные и мелкозернистые диабазы. В цементирующей обломки массе – бесструктурный агрегат альбита, хлорита, эпидота, кальцита и полупрозрачного соссюритового агрегата. В ряде случаев остроугольные обломковидные агрегаты тонкокристаллического базитового вещества в сланцеватой хлоритовой массе напоминают гиалокластиты.

Гравелистые и конгломератовые лаво-кластические образования по латерали и в разрезе фашиально сменяются песчаниками и алевролитами, образующими прослой не более 1,0–1,5 м. Породы обладают неравномерной зернистой структурой. В составе обломков, имеющих сглаженную и линзовидно-уплощённую формы, участвуют плагиоклаз, хлоритизированное стекло, плагиоклазовые диабазы и базальты. Цементное выполнение – хлорит, хлорит-эпидот, рудные минералы.

В верхней «порфиритовой» пачке состав вулканогенных отложений более дифференцирован и представлен лавовыми потоками и лавобрекчиями мелкопорфировых (плагиопорфировых) и афировых эффузивных пород основного–среднего состава, чередующихся с прослоями разнообломочных вулканогенно-осадочных пород, а также отдельными телами пород кислого состава (Н. И. Бородаевский, 1964).

Рассматриваемые отложения имеют более широкое площадное развитие, чем вулканы нижней «диабазовой» пачки. Они прослеживаются практически непрерывно вдоль западного борта Миндякской грабен-синклинали. При этом наибольшая их мощность (до 200–450 м) характерна для участков с максимальной мощностью вулканогенных отложений нижней «диабазовой» пачки (см. рис. 3). Это позволяет предполагать размещение вулканогенных отложений верхней «порфиритовой» пачки в более обширных по площади палеоструктурах, возможно, унаследовано развивающихся над более ранними локальными палеограбенами и как бы объединяя их (рис. 4).

Основной объём вулканогенных отложений «порфиритовой» пачки составляют лавы и лавобрекчии плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых анде-

зитоидных порфиритов. Это, как правило, тонкозернистые породы с порфировой структурой. Во вкрапленниках, составляющих до 60% об. п., установлен короткоаблитчатый альбит № 4–8 (размером от 1–2 до 5–6 мм), иногда полностью хлоритизированные темноцветные минералы. Отмечаются породы миндалякаменного строения, с большим количеством округлых миндалин, выполненных хлоритом и кварцем.

Подчинённое развитие имеют базальты (породы интерсертальной структуры с кристаллами альбита размером до 1 мм, заключённого в массе мелкозернистого агрегата хлорита, эпидота с примесью альбита), а также диабазовые порфириты, во вкрапленниках которых, составляющих до 7% от об. п., выделяется хлоритизированный пироксен изометричной формы размером до 2 мм, иногда в сростках с призматическим зональным плагиоклазом (андезин) размером 0,5–1,5 мм.

Среди массивных пород с параллелепипедальной отдельностью отмечаются согласно залегающие прослой плагиоклазовых порфиритов с мелкошаровой отдельностью мощностью до первых метров, а также линзовидные прослой лавобрекчий, общей мощностью до 50–70 м.

В виде отдельных горизонтов (мощность до 15–20 м) в нижней и верхней части «порфиритовой» пачки прослеживаются породы кислого состава (альбитофиров, по Н. И. Бородаевскому и др., 1964), представленные массивными или сланцеватыми породами с порфировой структурой (во вкрапленниках, размером до 1,5–2 мм, альбит № 7–8; основная масса имеет мелкозернистое строение, иногда микролитовое флюидальное, представлена альбитом с примесью кварца и тонкочешуйчатого хлорита).

Результаты проведённого нами анализа имеющихся на сегодняшний день петрохимических данных (табл. 1) позволили сделать следующие выводы.

Эффузивные отложения «диабазовой» пачки по нормативному минеральному составу представлены спектром толеитовых пород. В их составе преобладают насыщенные кремнезёмом оливин-гиперстен нормативные и гиперстен-нормативные толеитовые базальты, умеренно глинозёмистые ($al' = 0,8–1$). Количественно подчинены пересыщенные кремнезёмом кварцевые толеитовые базальты (кварц-гиперстен нормативные), как правило, умеренноглинозёмистые ($al' = 0,8–1$). По нормативно-минальному составу, по CIPWD, они близки ряду нормальнощелочных и субщелочных базальтов.

На классификационной диаграмме $SiO_2-(Na_2O + K_2O)$ породы «диабазовой» пачки занимают главным образом область состава умереннощелочных (субщелочных) базальтов, по щелочной специализации

Химический и нормативный минеральный состав вулканогенных пород Миндякской площади

Оксиды	Химический состав вулканогенных пород Миндякской площади											
	Породы «диабазовой» пачки (диабазы, плагноклазовые, пироксен-плагноклазовые диабазовые порфириты, базальты)						Породы «порфиритовой» пачки Плагноклазовые и пироксен-плагноклазовые порфириты, базальты					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	46,3-47,6 47,1	41,6-48,8 45,86	43,03-50,53 47,48	46,3	48,9-51,2 49,93	49,6	49,42	49,2-56,3 54,18	57,2-59,7 58,66	49,6	51,6-52,8 52,46	67,0
TiO ₂	1,4-1,52 1,46	1,4-1,72 1,56	1,32-1,72 1,5	1,5	1,1-1,3 1,19	0,9	0,72	0,32-0,86 0,56	0,39-0,46 0,43	0,6	0,3-0,6 0,42	0,4
Al ₂ O ₃	13,8-15,0 14,5	13,3-16,0 14,6	13,5-16,77 14,79	14,5	14,2-15,7 15,08	15	15,87	15,9-19,4 17,21	14,4-15,9 14,95	18,1	14,5-17,5 16,11	14,6
Fe ₂ O ₃	1,78-3,91 2,6	1,28-4,88 2,70	1,21-4,45 2,27	4,1	3,40-4,80 4,03	2,91	4,76	0,01-4,76 2,63	1,66-2,47 2,0	1,4	2,3-4,5 3,23	2,0
FeO	8,0-9,53 9,12	3,0-10,12 7,80	7,34-12,24 9,76	8,2	6,40-7,9 6,92	8,73	6,18	3,57-6,94 5,03	4,79-5,44 5,04	7,2	3,3-5,7 4,8	3,1
MnO	0,13-0,17 0,15	0,12-0,17 0,14	0,14-0,6 0,26	0,2	0,10-0,12 0,11	0,17	0,14	0,07-0,14 0,10	0,14-0,22 0,18	0,1	0-0,16 0,032	0,1
MgO	5,31-6,92 5,8	4,14-7,94 6,44	4,6-8,6 6,1	5,9	5,0-7,6 6,18	6,9	8,8	4,5-7,74 6,17	4,6-5,6 5,03	7,7	6,4-8,0 6,83	1,7
CaO	5,22-7,10 6,42	3,12-7,20 5,90	4,06-6,44 5,08	6,5	5,0-7,50 6,49	3,9	4,42	1,12-4,47 3,64	4,94-7,01 5,67	2,9	3,0-9,68 5,54	0,4
Na ₂ O	2,50-3,61 3,0	2,51-4,19 3,35	2,6-4,2 3,4	3,6	3,03-4,10 3,75	3,61	3,1	3,1-5,67 3,82	1,5-3,33 2,46	4,2	2,67-4,9 3,81	7,1
K ₂ O	0,87-1,54 1,24	0,17-0,61 0,35	0,4-2,3 1,21	1,2	0,10-1,30 0,88	1,2	1,33	0,4-3,12 1,47	0,5-1,14 0,92	1,4	0,6-1,9 1,32	0,4
P ₂ O ₅	0,11-0,21 0,16	0,27-0,74 0,41	0,12-0,16 0,14	0,17	0,05-0,07 0,061	0,21	0	0-0,12 0,04	0,06-0,07 0,07	0,19	0,11	0
al'	0,8-1,0 0,9	0,9-1,0 1,0	0,6-1,0 0,8	0,8	0,8-1,0 0,94	0,8	0,8	0,8-1,5 1,2	1,1-1,3 1,2	1,1	0,9-1,2 1,0	2,1
f'	16,4-19,7 18,2	15,8-19,7 17,3	16,9-24,3 19,6	19,7	15,9-20,0 17,8	19,4	20,5	11,9-20,5 14,8	11,7-13,2 12,5	16,9	14,5-16,7 15,9	

Продолжение таблицы

Нормативный минеральный состав вулканогенных пород Миндякской площади (метод CIPW, Cross et al., 1903)												
Минералы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ap	$\frac{0,4-0,5}{0,45}$	$\frac{0,8-1,9}{1,2}$	$\frac{0,3-0,4}{0,3}$	0,5	0,3	0,5	0,0	$\frac{0-0,22}{0,06}$	$\frac{0,15-0,17}{0,16}$	0,4	$\frac{0-0,25}{0,06}$	0,00
Pl	$\frac{2,6-2,9}{2,8}$	$\frac{2,8-3,6}{3,3}$	$\frac{2,7-3,7}{3,1}$	3,1	$\frac{2,2-2,6}{2,3}$	1,8	1,4	$\frac{0,6-1,7}{1,1}$	$\frac{0,8-0,9}{0,8}$	1,1	$\frac{0,6-1,1}{0,9}$	0,7
Mt	$\frac{2,6-5,9}{4,3}$	$\frac{2,2-6,8}{3,6}$	$\frac{1,9-6,8}{3,6}$	6,4	$\frac{5,2-7,4}{6,1}$	4,5	7,3	$\frac{0-7,3}{5,0}$	$\frac{2,5-3,8}{3,0}$	2,2	$\frac{4,4-7,2}{5,1}$	2,9
Or	$\frac{5,0-7,7}{6,0}$	$\frac{1,1-4,3}{2,5}$	$\frac{2,7-14,7}{7,7}$	7,5	$\frac{4,4-6,2}{5,0}$	7,6	8,3	$\frac{2,1-19,0}{8,1}$	$\frac{3,1-7,0}{5,7}$	8,5	$\frac{3,5-11,0}{7,4}$	2,4
Pl	$\frac{22,0-32,4}{28,4}$	$\frac{27,4-42,1}{28,3}$	$\frac{24,8-37,2}{31,1}$	27,4	$\frac{33,3-35,7}{34,9}$	32,8	27,7	$\frac{27,2-49,6}{34,9}$	$\frac{13,3-29,5}{21,8}$	38,2	$\frac{22,5-45,6}{34,4}$	62,1
	$\frac{17,8-25,5}{22,2}$	$\frac{16,6-30,2}{25,3}$	$\frac{20,8-24,3}{22,1}$	24,7	$\frac{22,6-25,7}{23,0}$	19,5	23,1	$\frac{20,3-21,4}{21,4}$	$\frac{25,2-33,1}{27,9}$	14,4	$\frac{16,2-34,0}{23,9}$	2,1
Di	$\frac{4,06-9,4}{6,7}$	$\frac{0-8,0}{2,9}$	$\frac{0-10,9}{3,6}$	0,0	$\frac{1,6-10,9}{7,3}$	0	0	$\frac{0-2,1}{0,5}$	$\frac{0-2,5}{0,9}$	0	$\frac{0-10,8}{3,6}$	0,0
Hu	$\frac{0-20,5}{7,2}$	$\frac{23,7-32,6}{26,6}$	$\frac{8,8-31,0}{19,5}$	18,5	$\frac{15,2-23,6}{18,1}$	31,8	30,0	$\frac{11,7-25,5}{17,9}$	$\frac{16,6-22,9}{19,8}$	32,5	$\frac{18,1-26,1}{22,3}$	8,1
OI	$\frac{0-22,2}{14,6}$	$\frac{0-16,4}{5,5}$	$\frac{0-12,0}{7,6}$	0,0	$\frac{0-10,5}{3,5}$	0	0	0	0	0	0	0
Q	0 (в 1 пробе 0,4)	0 (в 1 пробе 6,5)	0 (в 1 пробе 1,8)	1,73	0 (в 1 пробе 1,8)	0,3	0,8	$\frac{5,9-11,2}{8,4}$	$\frac{13,5-26,7}{19,4}$	2,7	$\frac{0-4,2}{2,2}$	19,8
C	0	0-2,47	0-1,9	0,0	0	1,2	1,4	$\frac{0-3,3}{1,4}$	$\frac{0,0-0,45}{0,15}$	0	$\frac{0-0,5}{0,13}$	0

Примечание. 1 – афирровые и миндалекаменные базальтоиды, П. Г. Кучеревский, К. М. Минькин, 2002 (3 пробы); 2 – порфирровые и афирровые диабазы, по данным Бородаевского и др., 1964 (5 проб); 3 – диабазы, по данным Ш. Н. Кац и др., 1980 (4 пробы); 4 – диабазы, по данным В. Н. Сазонова, 1980 [10] (среднее из 8 проб); 5 – диабазы, по данным И. Б. Серавкина и др., 2001 [13] (5 проб); 6 – афирровый базальт, П. Г. Кучеревский, К. М. Минькин, 2002; 7–8 – по данным Бородаевского и др., 1964; 7 – диабазовый порфирит, 8 – плагиоклазовые и пироксен-плагиоклазовые порфириты (4 пробы); 9 – андезит-базальты, по данным Ш. Н. Кац и др., 1980 (5 проб); 10 – пироксен-плагиоклазовый порфирит, по данным В. Н. Сазонова, 1980 [10]; 11 – базальты, по данным И. Б. Серавкина и др., 2001 [13] (5 проб); 12 – породы кислого состава (альбитофиры), по данным Бородаевского и др., 1964; дробь, значения: числитель – от-до, знаменатель – среднее.

(диаграммы $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$, $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}$) соответствуют известково-щелочным породам калиево-натриевой и отчасти натриевой серии (см. рис. 4). Для базальтоидов характерны повышенные содержания Ti_2O (1,1–1,72).

Основу «порфиритовой» пачки, по нормативно-минальному составу (CIPWD), составляют нормально-щелочные и субщелочные андезитобазальты (трахиандезитобазальты), преимущественно высокоглинозёмистые ($a'_\text{cp.} = 1,1-1,2$), в ряде случаев корунд-нормативные (см. табл. 1). Количественно подчинённые им породы основного состава характеризуются как лейкократовые ($f_\text{cp.} = 12,5-15,9$), пересыщенные кремнезёмом (кварц-гиперстен нормативные) кварцевые толеитовые базальты. Породы кислого состава, выделяемые Н. И. Бородаевским и др. (1964) как альбитофиры, относятся к группе высокоглинозёмистых пород ($a' = 2,1$). По нормативно-минальному составу (CIPWD), они близки ряду пород дацит-трахидацит, отличаясь от них более низким содержанием ортоклаза и более высоким содержанием ортопироксена.

На классификационной диаграмме $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ породы «порфиритовой» пачки занимают область субщелочных пород, преимущественно трахиандезитобазальтов, а также субщелочных оливинных базальтов, лейкобазальтов и трахидацитов; по щелочной специализации (диаграммы $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$, $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}$) соответствуют известково-щелочным породам калиево-натриевой серии (рис. 5). Содержания TiO_2 в породах варьируют на уровне 0,3–0,9%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при некотором различии в составе вулканогенных образований «диабазовой» (более однородных) и «порфиритовой» (отличаются более дифференцированным составом) пачек, они содержат в том числе однотипные по составу породы (диабазовые порфириды, базальты и др.). Последовательное размещение рассматриваемых комплексов вулканогенных отложений в едином разрезе и приуроченность к унаследованно развивающимся палеоструктурам, а также наличие в их составе однотипных пород позволяют относить эти вулканогенные отложения к единому эволюционному ряду.

Обобщая результаты проведённого анализа следует отметить, что основу рассматриваемых вулканогенных отложений комплекса D_3-C_1 Миндякской грабен-синклинали составляет временной ряд комплексов: ранний умереннощелочных базальтов (трахибазальтов) с подчинённым количеством нормально-щелочных (толеитовых) базальтов и трахиандезитобазальтов с трещинным типом вулканизма, проявленного в локальных грабенах, и более поздний, представленный трахиандезитобазальтами с количественно подчинёнными трахибазальтами и трахидацитами,

занимающими более обширные площади (см. рис. 4). По петрохимическим характеристикам они отвечают главным образом калиево-натриевым умеренно-калиевой известковисто-щелочной серии и характеризуются содержаниями TiO_2 на уровне 0,3–1,56%.

Тип дифференциации рассматриваемых вулканических пород, по AFM-диаграмме, близко соответствует боуэновскому (известково-щелочному) типу, а по диаграмме $\text{SiO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}/\text{MgO}$ отвечает большей частью феннерскому (толеитовому) типу (см. рис. 4). Такая двойственность типа дифференциации рассматриваемой петрохимической разновидности вулканических пород, по данным Ю. В. Миронова и др. (1999), свойственна обстановкам «внеостроводужных» рифтогенных структур на конвергентных границах макроплит [9].

Как будет показано ниже, по геологическим и петрохимическим характеристикам вулканогенные отложения комплекса D_3-C_1 Миндякской грабен-синклинали, с нашей точки зрения, наиболее близки вулканогенным породам, сформированным в рифтогенных обстановках зон глубинных разломов Южного Урала и Центральных Кызылдум (см. рис. 1).

Магнитогорско-Богдановский рифтогенный грабен, Южный Урал. Характеристика каменноугольных вулканогенных отложений Магнитогорско-Богдановского грабена приводится на основе наиболее современных и полных данных, опубликованных в серии работ Д. Н. Салихова [12, 13 и др.]. По данным этого автора, геотектоническая позиция Магнитогорско-Богдановского рифтогенного грабена определяется его приуроченностью к центральной части Магнитогорской мегазоны, в зоне Западно-Кизильского глубинного палеоразлома на сочленении Западно-Магнитогорской и Восточно-Магнитогорской СФЗ (см. рис. 1). При этом предполагается, что заложение грабена и начало вулканизма происходили в транспрессивном сдвиго-раздвиговом режиме над главной зоной столкновения островной дуги и ВЕП. Вулканизм непрерывно проявлялся с начала верхнего турне до конца верхнего виле в условиях сдвигово-рифтогенного геодинамического режима.

Основная часть вулканических образований в пределах Магнитогорско-Богдановского палеограбена локализована в его осевой части (Магнитогорской подзоне), где максимально проявлены продукты базальтоидного вулканизма трещинного типа, развитые в пределах раздвиговых зон, а также базальт-риолитового вулканизма центрального типа на их плечах (см. рис. 5). Восточнее (в Кипчак-Аркаимской подзоне) характерны продукты ареального вулканизма с широко проявленными продуктами кислого вулканизма, в основании разрезов которых присутствуют базальты как трещинного, так и центрального

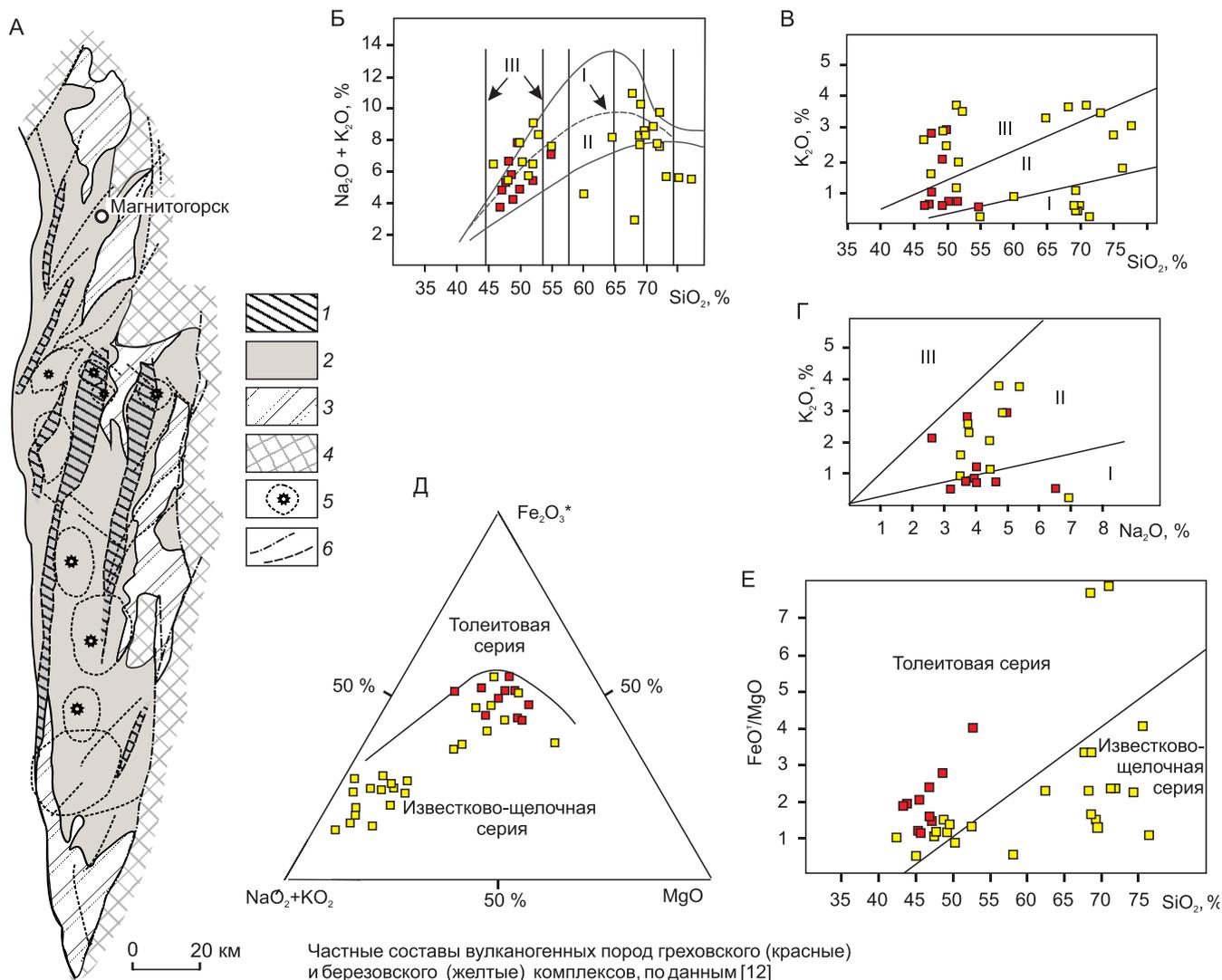


Рис. 5. Фрагмент палеовулканологической карты и диаграммы с основными петрохимическими характеристиками каменно-угольных вулканогенных отложений Магнитогорско-Богдановского грабена:

А – фрагмент палеовулканологической карты Магнитогорско-Богдановского грабена, по [12], с упрощением; Б – диаграмма $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, по [1]; В – диаграмма $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, по [1]; Г – диаграмма $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, по Le Maitre, 1989; Д – диаграмма AFM, по Irvine and Baragar, 1971; Е – диаграмма $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{MgO}-\text{SiO}_2$, по Miyashiro, 1974: 1 – вулканы раздвиговых зон, представленные ассоциацией толеитов и субщелочных базальтов трещинного излияния, выделенные в греховской комплекс (C₁); 2 – продукты ареального вулканизма, связанные с щитовидными вулканами и самостоятельными вулканическими аппаратами (стратовулканами, мелкими постройками, некками), представленные преимущественно субщелочными базальтами, андезитобазальтами, трахириодацитами и трахириолитами, выделенными в берёзовский комплекс (C₂); 3 – вулканогенно-терригенные и карбонатные отложения (C₃); 4 – островодужные комплексы пород основания (D₂₋₃); 5 – палеовулканические постройки; 6 – разрывные нарушения

типа излияния, сопровождаемые пирокластическими фациями, а также известково-терригенные отложения.

Вулканы раздвиговых зон представлены выделенной в греховской комплекс ассоциацией толеитов и субщелочных базальтов трещинного излияния. В таких зонах отмечается переслаивание потоков лав базальтов мощностью от 1 до 15 м, наиболее часто –

в 2–4 м. Они отвечают плагиоклазовым и пироксен-плагиоклазовым порфиритам с мелкими выделениями порфировых обособлений и афиритам. Часто присутствуют оливинсодержащие порфириты с порфировой структурой и массивной текстурой. Отмечаются лавовые потоки микродолеритов. В подошве лавовые потоки имеют массивную текстуру, в кровле

они миндалекаменные (мандельштейны). Иногда кровля представлена кластолавами, в которых обломки мандельштейнов сцементированы базальтами с очень редкими миндалинами. Кровельная часть кластолав имеет грубообломочный облик. Периодически (через 4–7 потоков) лавовые тела сменяются горизонтами (мощностью до 16 м) гиалокластитов.

Продукты ареального вулканизма, выделенные в берёзовский комплекс, представлены преимущественно субщелочными базальтами и андезито-базальтами, отдельными лавовыми потоками андезитов, связанными с мелкими вулканическими аппаратами центрального типа. Здесь же на базальтах формируются продукты вулканизма кислого состава, представленные в основном трахириодацитами и трахириолитами с афировой и порфировой структурами, а также литокластическими и кристаллокластическими туфами.

По петрохимическим данным [13], в составе вулканических пород греховского комплекса выделяются толеиты и субщелочные (умереннощелочные) базальты, также трахиандезитобазальты (см. рис. 5). По петрохимическим параметрам это мезократовые до меланократовых породы ($f^* = 16,6–24,1$) высокотитанистые ($Ti_2O = 1,5–3,06\%$), преимущественно умеренно-, а также низкоглинозёмистые ($al' = 0,67–0,96$). По щелочной специализации, как видно из рис. 5, рассматриваемые породы отвечают преимущественно калиево-натриевым, а также натриевым, умеренно- и высококалиевой известково-щелочной серии.

В составе берёзовского комплекса выделяются трахибазальты и трахиандезитобазальты, продукты кислого вулканизма представлены в основном трахириодацитами и риодацитами, отчасти щелочными риодацитами (пантеллеритами), а также трахидацитами и дацитами. Породы основного–среднего состава также высокотитанистые ($Ti_2O = 1,10–2,55\%$), но менее фемичные ($f^* = 11,78–20,2$). В целом продукты вулканизма этого комплекса высокоглинозёмистые ($al' = 1,03–1,9$). По щелочной специализации они калиево-натриевые (присутствуют разновидности пород с повышенной калиево-натриевостью) умеренно- и высококалиевой известково-щелочной серии (см. рис. 5).

Общими для рассматриваемых комплексов являются составляющие их основу высокотитанистые трахибазальты и трахиандезитобазальты, по петрохимическим признакам отвечающие, как правило, калиево-натриевым умеренно- и высококалиевой известково-щелочной серии (см. рис. 5).

Для вулканогенных отложений греховского и берёзовского комплекса Магнитогорско-Богдановского грабена, также как и для аналогичных пород Миндякской грабен-синклинали, проявлена двойствен-

ность типа дифференциации, на диаграмме АФМ они отвечают известково-щелочному типу, на диаграмме $SiO_2-Fe_2O_3 + FeO/MgO$ также и толеитовому (см. рис. 5).

Бозтау-Кокпатасская грабен-синклинали палеоструктура, Центральные Кызылкумы. Бозтау-Кокпатасская грабен-синклинали палеоструктура расположена в Южно-Букантауской СФЗ, в северной части Центрально-Кызылкумского эв-миогеосинклинали мегаблока. Эта СФЗ рассматривается многими исследователями (К. К. Пятков и др., 1967; В. Г. Гарьковец, 1969, 1979; А. М. Дымкин, В. М. Нечухин, В. Н. Пучков и др., 1981; А. К. Бухарин и др., 1985 и др.) как продолжение Восточно-Уральской мегазоны Южного Урала в области перехода субмеридиональных уралид в субширотные тяньшаниды (см. рис. 1). В качестве конседиментационной грабен-синклинали палеоструктура выделена в 1969 г. В. И. Зоновым и др. в ходе геологических работ масштаба 1:50 000 и характеризуется рядом исследователей [15 и др.] как область унаследованного развития раннепалеозойского океанического и более позднего каменноугольного континентального рифтогенеза в зоне Кокпатасского долгоживущего глубинного разлома.

Вулканогенные образования в пределах рассматриваемой палеоструктуры приурочены к вулканогенно-терригенно-карбонатно-кремнистому комплексу пород C_2b-m , включающему отложения карашахской, кокпатасской и коксайской свит, сформированных в период раннеорогенной тектоно-магматической активизации региона [2, 3]. Основанием служат комплексы раннегеосинклинали вулканогенно-терригенно-кремнистых и базит-ультрабазитовых пород офиолитовой ассоциации ($PR-PZ_1$), миогеосинклинали терригенных отложений (PZ_1), а также карбонатных отложений позднегеосинклинали стабилизации ($D-C_1$). Рассматриваемая грабен-синклинали была преобразована в горст-антиклинали варисскими складчато-разрывными дислокациями.

В пределах Бозтау-Кокпатасской палеоструктуры собственно вулканогенные породы (лавовые, лавокластические), развитые в составе отложений карашахской свиты, занимают не более 10% её объёма, постепенно сменяясь по латерали и в разрезе вулканогенно-осадочными и затем терригенными и терригенно-карбонатно-кремнистыми отложениями коксайской и кокпатасской свит [3 и др.].

По составу и времени формирования среди вулканических пород выделяются два комплекса: более ранний базальтоидный и более поздний базальт-андезитобазальт-дацит-риолитовый [15].

Комплекс базальтоидных пород, наиболее полно изученный в пределах Кокпатасского рудного поля,

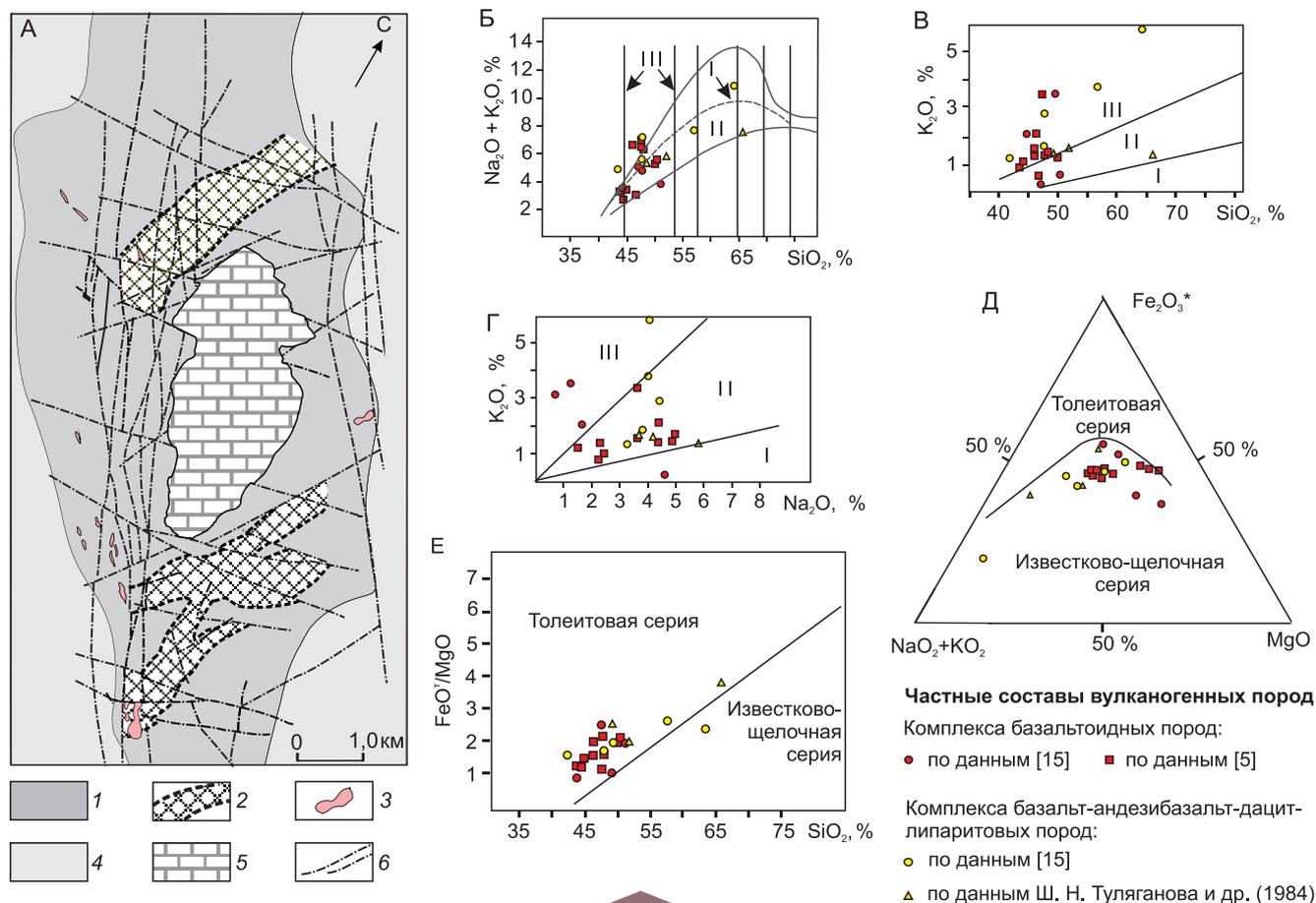


Рис. 6. Позиция каменноугольных вулканогенных отложений в пределах кокпатасского фрагмента Бозтау-Кокпатасской грабен-синклиальной палеоструктуры и диаграммы с их основными петрохимическими характеристиками. По материалам поисковых и разведочных работ Кокпатасской ГРЭ, тематических исследований ЦНИГРИ 1982–1990 гг., а также [3, 5, 15 и др.]:

А – Кокпатасский фрагмент карты Бозтау-Кокпатасской грабен-синклиальной палеоструктуры с позицией каменноугольных вулканогенных отложений; Б – диаграмма $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, по [1]; В – диаграмма $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, по [1]; Г – диаграмма $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, по Le Maitre, 1989; Д – диаграмма AFM, по Irvine and Baragar, 1971; Е – диаграмма $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{MgO}-\text{SiO}_2$, по Miyashiro, 1974; 1–4 – область развития вулканогенно-терригенно-карбонатно-кремнистого комплекса пород ($\text{C}_2\text{b}-\text{m}$), выполняющего Бозтау-Кокпатасскую грабен-синклиальную палеоструктуру: 1 – вулканогенно-терригенные отложения карашахской свиты, включающие продукты умереннощелочного базальтоидного и последующего базальт-андезиобазальт-дацит-риолитового рифтогенного вулканизма, 2 – кулисообразная система локальных грабенов, контролирующая размещение продуктов базальтоидного вулканизма трещинного типа, 3 – субвулканические тела риодацитов базальт-андезиобазальт-дацит-риолитового вулканизма, 4 – область развития терригенных отложений коксайской свиты, фациально замещающих вулканогенно-терригенные породы карашахской свиты и перекрывающих их терригенно-кремнисто-карбонатных отложений кокпатасской свиты; 5 – карбонатные отложения ($\text{D}-\text{C}_1$) основания разреза комплекса $\text{C}_2\text{b}-\text{m}$; 6 – разрывные нарушения зоны Кокпатасского глубинного разлома; поясняющие надписи см. на рис. 5

вмещающего известные золото-сульфидные месторождения (Южный I, Ближний и др.), приурочен к системе кулисообразно расположенных грабенов, основные из которых показаны на рисунке 6. В пределах этих структур в составе комплекса выделяются лавы, лавобрекчии, агломератовые лавы основного состава, а также их субвулканические тела и продукты подводной дезинтеграции (гиалокластиты, лавокластиты, вулканогенно-осадочные породы) [4, 5].

В пределах одной из таких грабеновых палеоструктур, по данным поискового и разведочного бурения на хорошо изученном участке месторождения Ближнее, эффузивные базальтоидные породы образуют линейно вытянутые гряды шириной в первые сотни метров, протяжённостью до первых километров, характерные для излияний трещинного типа. В центральной части вулканических сооружений общая мощность лавовых и лавокластических пород

достигает 100 м, в краевых частях – до первых метров. По латерали лавовые потоки закономерно сменяются разнообломочными лавокластическими и вулканогенно-осадочными отложениями и далее по мере удаления от вулканических построек полимиктовыми терригенными.

На участках максимальной мощности рассматриваемых вулканических палеосооружений со стороны их подошвы нередко наблюдаются тела массивных и флюидальных хорошо раскристаллизованных пород, близких к долеритовидным базальтам и габбро-диабазам, иногда с обломками (ксенолитами) вмещающих их лавовых и вулканокластических пород. Предполагается, что они фиксируют магмовыводящие каналы [5].

Мощность наблюдаемых фрагментов лавовых потоков от первых метров до 5–7 м. В центральной части мощных лавовых тел базальты, как правило, хорошо раскристаллизованные, порфиновые, в прикровельной части обычны гиалокластиты и шарово-гиалокластитовые агрегаты в различной степени раскристаллизованных порфириновых и миндалекаменных базальтов. Серии лавовых тел, многоярусно расположенные в разрезе, сочетаются с прослоями слабоперемытых гиалокластитов, грубо- и тонко-мелкообломочных лавокластических и вулканогенно-осадочных пород (прослои мощностью от первых метров до первых десятков метров).

В грубо-мелкообломочных лавокластических и вулканогенно-осадочных отложениях в обломках угловатых и угловато-окатанных форм, характерны базальтоиды различного облика, кристаллокласты пироксена и плагиоклаза.

Алевролиты и аргиллиты, составляющие значительную часть вулканогенно-осадочных пород, формируют отдельные прослои мощностью до 10–15 м. Для них обычна послонная карбонатизация (железистый карбонат), реже окремнение, желвачковая хлоритизация.

По петрографическим описаниям П. Г. Кучеревского [4], базальты лавовых тел характеризуются микро- и макропорфириновым структурным типом, с парагенезисом вкрапленников (составляющих до 15 % объема пород) – авгит, кислый плагиоклаз (пироксен преобладает над плагиоклазом). В основной массе, как правило, повышена доля плагиоклаза (до 50–60 %), характерны высокие содержания (до 7–10 %) рудных минералов (титаномагнетит, ильменит). Габбро-диабазы субвулканических образований имеют субофитовую и офитовую структуру. Общий парагенезис минералов: плагиоклаз, пироксен (авгит), оливин, титаномагнетит. По плагиоклазу развиваются альбит, хлорит, пумпеллиит, кальцит, серицит. Пироксен частично замещён хлоритом

и лейкоксеном. Оливин полностью разложен (псевдоморфозы хлорито-серпентина).

По имеющимся петрохимическим данным [4, 5, 15], породы представлены базальтами нормального ряда, трахибазальтами с количественно подчинёнными трахиандезибазальтами, базанитами и тефритами (см. рис. 6). Они относятся преимущественно к семейству умереннощелочных с количественно подчинёнными нормальнощелочных базальтов калиево-натриевого ряда умеренно-высококалиевой известково-щелочной серии, характеризуются преимущественно умеренной и пониженной железистостью ($f^{\circ} = 16,3-23,3$), в основном умеренной глинозёмистостью ($al' = 0,57-1,11$), повышенными содержаниями TiO_2 (до 2–3,5 %).

Отложения рассматриваемого комплекса Л. В. Шпотовой и В. В. Ушаковым [15] отнесены к рифтогенному толеитовому формационному типу, П. Г. Кучеревским [4] – к щелочно-базальтовой формации.

Второй комплекс базальт-андезибазальт-дацит-липаритовых пород фрагментами проявлен в г. Бозтау и г. Кокпатас, рассматривается рядом исследователей в качестве продуктов вулканизма главным образом центрального типа (Ш. Н. Туляганов и др., 1984) и [15].

По материалам Л. В. Шпотовой и др. [15 и др.], породы этой группы представлены лавами трахибазальтов, андезибазальтов, нормально порфириновыми риолитами, дацит-риолитами, их туфами и туффидами, субвулканическими телами.

Среди лавовых пород доминируют трахибазальты скуднопорфириновой, реже афировой структуры. Парагенезис вкрапленников: плагиоклаз-пироксен, пироксен. Пироксен (пижонит-авгит) распространён во всех разновидностях базальтоидов. Плагиоклаз (андезин) наблюдается главным образом в лейстах основной массы, изредко – во вкрапленниках. В основной массе, как правило, преобразованной, в интерстиции между лейстами плагиоклаза содержатся зёрна анальцима. Структура реликтовая интерсервальная, переходящая в грубую пилотакситовую. Во вторичных минеральных ассоциациях находятся альбит, хлорит, кальцит.

В составе кислых пород присутствуют лавы дацитов и липарито-дацитов и их субвулканические тела. Породы нормальнопорфириновые. Вкрапленники образованы альбитизированным плагиоклазом и темноцветным минералом, замещённым хлоритом и лейкоксеном. Основная масса трахитоидная, сферолитовая.

Общая петрохимическая особенность вулкаников – повышенная щёлочность (см. рис. 6). Среди мафических пород присутствуют как кварц-нормативные, так и нефелин-нормативные составы [15].

Титанистость пород высокая ($TiO_2 = 1,96-3,45\%$), глинозёмистость в основном умеренная, до высокой ($al' = 0,72-1,29$). По коэффициенту фемичности породы основного–среднего состава – от лейкократовых до меланократовых ($f' = 15,6-23,2$). Кислая группа пород характеризуется также умеренной глинозёмистостью и железистостью.

Отложения позднего комплекса отнесены В.В. Шпотовой [15] к рифтогенному трахибазальт-трахиандезиобазальтовому формационному типу. В целом вулканогенные комплексы пород карашахской свиты Ш.Н. Тулягановым (1984) отнесены по структурно-вещественным признакам к трахибазальт-трахиандезит-трахилипаритовой формации.

Итоги проведённого сопоставительного анализа позволяют сделать следующие выводы.

Для позднепалеозойских вулканогенных отложений Миндякской и Магнитогорско-Богдановской (Южный Урал), а также Бозтау-Кокпатасской (Центральные Кызылкумы) палеоструктур, несмотря на территориальную удалённость друг от друга, отмечается много общего в их геологической позиции, фациальном облике, минеральном и петрохимическом составе.

В геологическом отношении каменноугольные вулканические образования рассматриваемых регионов входят в состав вулканогенно-терригенных комплексов пород, сформированных в условиях варисского раннеорогенного (раннеколлизийного) рифтогенеза. В структурном отношении эти комплексы пород локализованы в рифтогенных грабен-синклиналях, приуроченных к зонам долгоживущих глубинных разломов.

Для всех трёх рассматриваемых регионов проявляется закономерная эволюция во времени продуктов вулканизма, от эффузивов существенно умереннощелочного базальтоидного состава (толеитов, трахибазальтов и трахиандезитов) ранних комплексов, локализованных в локальных грабенах (раздвиговых зонах) и характеризующихся трещинным типом излияний, до ареальных контрастных по составу трахибазальт-трахиандезиобазальт-(трахидацит) трахириолитовых поздних комплексов.

Общими для продуктов вулканизма являются их повышенная щёлочность и, как правило, титанистость, с тенденцией уменьшения фемичности и увеличения глинозёмистости пород от ранних комплексов к поздним. По щелочной специализации это в основном умереннощелочные породы калиево-натриевого ряда умеренно- и высококалиевой известково-щелочной серии с отдельными вариациями состава.

Некоторое различие в петрохимическом составе рассматриваемых вулканогенных пород Южного Урала и Центральных Кызылкум (по соотношению K_2O/Na_2O , содержанию TiO_2) может быть связано

с их формированием в разных геотектонических палеообстановках Урало-Тянь-Шаньского региона [7].

Особенностью рассматриваемых вулканитов является двойственность их дифференциации. Определяемый по АФМ-диаграмме их тип дифференциации близко соответствует боуэновскому (известково-щелочному) типу, а по диаграмме $SiO_2-Fe_2O_3 + FeO/MgO$ – большей частью феннерскому (толеитовому) типу (см. рисунки 4, 5 и 6), что, как отмечалось нами выше, характерно для рифтогенных обстановок [9].

Выводы. Вулканогенные отложения позднепалеозойского комплекса пород Миндякской грабен-синклинали обладают близкими чертами с типовыми для Урало-Тяньшаньского региона варисскими рифтогенными комплексами вулканитов зон глубинных разломов (Магнитогорско-Богдановской грабен-синклинали на территории Южного Урала и Бозтау-Кокпатасской грабен-синклинали в Центральных Кызылкумах):

- приуроченность к раннеорогенным (раннеколлизийным) рифтогенным палеоструктурам варисцид в зонах долгоживущих глубинных разломов;
- закономерная эволюция во времени продуктов вулканизма: от эффузивов существенно базальтоидного состава, локализованных в локальных грабенах и характеризующихся трещинным типом излияний, до ареальных контрастных по составу базальт-андезиобазальт-(дацит) риолитовых эффузивных образований;
- общий петрохимический тренд вулканогенных образований с характерной эволюцией во времени петрохимического состава пород: от нормальнощелочных толеитов и умереннощелочных базальтов до умереннощелочных и щелочных базальтов, андезибазальтов и дацит-риолитов умеренно- и высококалиевой известково-щелочной серии;
- двойственный тип дифференциации магматических пород (известково-щелочной тип по АФМ диаграмме и толеитовый по диаграмме $SiO_2-Fe_2O_3 + FeO/MgO$).

Таким образом, каменноугольные вулканогенные породы Миндякской грабен синклинали по условиям локализации, вещественному составу и петрохимическим признакам могут быть соотнесены с типовыми для Урало-Тянь-Шаньского региона вулканогенными отложениями варисских рифтогенных структур зон глубинных разломов (Магнитогорско-Богдановской на Южном Урале и Бозтау-Кокпатасской в Юго-Западном Тянь-Шане) и вместе с ними могут служить в качестве индикаторных для рифтогенных обстановок позднепалеозойской раннеорогенной (раннеколлизийной) тектоно-магматической активизации этого региона.

Полученные данные могут быть использованы для уточнения геологического строения и металлогении Южного Урала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Е. Д., Баскина В. А., Богатиков О. А. [и др.] Магматические горные породы. В 6 томах. Т. 1. Ч. 1. Классификация, номенклатура, петрография. – М.: Наука, 1983. – 368 с.
2. Бухарин А. К., Масленникова И. А., Пятков А. К. Домезозойские структурно-формационные зоны Западного Тянь-Шаня. – Ташкент: Фан, 1985. – 152 с.
3. Зонов В. И. Новые представления о стратиграфии домезозойских образований центральной части гор Букантау (Центральные Кызылкумы) // Экспресс-информация ВИЭМС. Серия VII (общая и региональная геология, геологическое картирование). – 1974. – Вып. 8. – С. 16–17.
4. Кучеревский П. Г. Вулканогенная щелочно-базальтовая формация и золото-сульфидное оруденение Кокпатаского типа (Центральные Кызылкумы) // Руды и металлы. – 1996. – № 3. – С. 63–67.
5. Кучеревский П. Г., Минькин К. М. Геологические особенности золото-сульфидных месторождений в сланцевых комплексах // Советская геология. – 1987. – № 8. – С. 36–42.
6. Миндякское месторождение // Геология золоторудных месторождений СССР. В 2 томах. Т. 1. – М.: ЦНИГРИ, 1984. – С. 145–160.
7. Минькин К. М. Геологическая позиция и условия локализации месторождений золото-сульфидных руд Миндякского рудного поля, Республика Башкортостан // Руды и металлы. – 2017. – № 3. – С. 14–26.
8. Минькин К. М. Золотоносность вулканогенных комплексов каменноугольного времени в различных геотектонических обстановках варисцид Южноуральско-Центрально-Кызылкумского региона // Сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» (17–19 апреля 2019 г.). – М.: ФГБУ «ЦНИГРИ», 2019. – С. 117–118.
9. Миронов Ю. В., Ельянова Е. А., Зорина Ю. Г., Мирлин Е. Г. Вулканизм и океанское колчеданообразование. – М.: Научный мир, 1999. – 175 с.
10. Новожилов Ю. И. Избирательный характер гидротермального метаморфизма обломков в пирокластических породах Миндякского рудного поля // Труды ЦНИГРИ. – 1967. – Вып. 68. Геология и методы изучения некоторых золоторудных провинций и месторождений золота. – М., 1967. – С. 82–96.
11. Сазонов В. Н. Околорудная метасоматическая зональность как поисковый критерий и фактор прогнозирования (на примере березит-лиственитовой формации) // Вопросы петрологии Урала. – Свердловск: УрО АН СССР, 1980. – С. 159–175.

12. Салихов Д. Н. Развитие Южного Урала в коллизионную эпоху позднего палеозоя. – Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1996. – 42 с.
13. Салихов Д. Н., Мосейчук В., Холоднов В. В., Рахимов И. Каменноугольный вулканогенно-интрузивный магматизм Магнитогорско-Богдановского грабена в свете новых геолого-геохимических данных // Литосфера. – 2014. – № 5. – С. 33–56.
14. Серавкин И. Б., Знаменский С. Е., Косарев А. М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. – Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. – 318 с.
15. Шпотова Л. В., Ушаков В. В. Палеозойский щелочно-базальтовый вулканизм запада Южного Тянь-Шаня. – Ташкент: Фан, 1981. – 150 с.

REFERENCES

1. Ye. D. Andreyeva, V. A. Baskina, O. A. Bogatikov [et al.] Magmatichekiye gornyye porody. V 6 tomakh. Tom 1, Chast' 1. Klassifikatsiya, nomenklatura, petrografiya [Igneous rocks. In 6 volumes. Volume 1, Part 1. Classification, nomenclature, petrography], Moscow, Nauka publ., 1983, 368 p. (In Russ.)
2. Bukharin A. K., Maslennikova I. A., Pyatkov A. K. Domezozoyskiye strukturno-formatsionnyye zony Zapadnogo Tyan'-Shanya [Pre-Mesozoic structural-formational zones of the Western Tien Shan]. Tashkent, Fan publ., 1985, 152 p. (In Russ.)
3. Zonov V. I. Novyye predstavleniya o stratigrafii domezozoyskikh obrazovaniy tsentral'noy chasti gor Bukantau (Tsentral'nyye Kyzylkumy) [New ideas about the stratigraphy of pre-Mesozoic formations in the central part of the Bukantau mountains (Central Kyzylkum)]. Ekspresinformatsiya VIEMS. Seriya VII (obshchaya i regional'naya geologiya, geologicheskoye kartirovaniye). 1974, Is. 8, P. 16–17. (In Russ.)
4. Kucherevskiy P. G. Vulkanogennaya shchelochno-bazal'tovaya formatsiya i zoloto-sul'fidnoye orudneniye Kokpatasskogo tipa (TS. Kyzylkumy) [Volcanogenic alkaline-basalt formation and gold-sulfide mineralization of the Kokpatas type (Central Kyzylkum)]. Rudy i metally [Ores and metals], 1996, No. 3, P. 63–67. (In Russ.)
5. Kucherevskiy P. G., Min'kin K. M. Geologicheskiye osobennosti zoloto-sul'fidnykh mestorozhdeniy v slantsevyykh kompleksakh [Geological features of gold-sulfide deposits in shale complexes]. Sovetskaya geologiya [Soviet Geology], 1987, No. 8, P. 36–42. (In Russ.)
6. Mindyakskeye mestorozhdeniye [Mindyak deposit]. Geologiya zolotorudnykh mestorozhdeniy SSSR, Moscow, TSNIIGRI publ., 1984, In 2 V., V. 1, P. 145–160. (In Russ.)
7. Min'kin K. M. Geologicheskaya pozitsiya i usloviya lokalizatsii mestorozhdeniy zoloto-sul'fidnykh rud Mindyakskeye rudnogo polya, Respublika Bashkortostan [Geological position and localization conditions of deposits of gold-sulfide ores of the Mindyak ore field, Republic of Bashkortostan]. Rudy i metally [Ores and metals], 2017, No. 3, P. 14–26. (In Russ.)

8. *Min'kin K. M.* Zolotonosnost' vulkanogennykh kompleksov kamennougol'nogo vremeni v razlichnykh geotektonicheskikh obstanovkakh varistsid Yuzhnoural'sko-Tsentral'no-kyzylkumskogo regiona [Gold content of volcanogenic complexes of the Carboniferous time in various geotectonic settings of variscides of the South Ural-Central Kyzylkum region]. Sbornik tezisov dokladov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Nauchno-metodicheskiye osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdeniyalmazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov" (17–19 aprelya 2019 g., Moskva, FGBU "TSNIGRI"). Moscow, TSNIGRI publ., 2019, P. 117–118. (In Russ.)
9. *Mironov Yu. V., Yel'yanova Ye. A., Zorina Yu. G., Mirilin Ye. G.* Vulkanizm i okeanskoye kolchedanoobrazovaniye [Volcanism and oceanic pyrite formation], Moscow, Nauchnyy mir publ., 1999, 175 p. (In Russ.)
10. *Novozhilov Yu. I.* Izbiratel'nyy kharakter gidrotermal'nogo metamorfizma oblomkov v piroklasticheskikh porodakh Mindyakskogo rudnogo polya [Selective nature of hydrothermal metamorphism of fragments in pyroclastic rocks of the Mindyak ore field]. Trudy TSNIGRI, 1967, Is. 68. Geologiya i metody izucheniya nekotorykh zolotrudnykh provintsiy i mestorozhdeniy zolota. Moscow, Nedra publ., 1967, P. 82–96. (In Russ.)
11. *Sazonov V. N.* Okolorudnaya metasomaticheskaya zonal'nost' kak poiskovyy kriteriy i faktor prognozirovaniya (na primere berezit-listvenitovoy formatsii) [Ore-ore metasomatic zoning as a search criterion and forecasting factor (on the example of a beresite-listvenite formation)]. Voprosy petrologii Urals, Sverdlovsk, UrO AN SSSR publ., 1980, P. 159–175. (In Russ.)
12. *Salikhov D. N.* Razvitiye Yuzhnogo Urals v kollizionnuyu epokhu pozdnego paleozoya [Development of the Southern Urals in the Collision Epoch of the Late Paleozoic]. Ufa, IG UNTS RAN publ., 1996, 42 p. (In Russ.)
13. *Salikhov D. N., Moseychuk V., Kholodnov V. V., Rakhimov I.* Kamennougol'nyy vulkano-intruzivnyy magmatizm Magnitogorsko-Bogdanovskogo grabena v svete novykh geologo-geokhimicheskikh dannykh [Carboniferous volcano-intrusive magmatism of the Magnitogorsk-Bogdanovsk graben in the light of new geological and geochemical data]. Litosfera [Lithosphere], 2014, No. 5, P. 33–56. (In Russ.)
14. *Seravkin I. B., Znamenskiy S. Ye., Kosarev A. M.* Razryvnaya tektonika i rudonosnost' Bashkirskogo Zaural'ya [Fracture tectonics and ore content of the Bashkir Trans-Urals]. Ufa, Poligrafkombinat publ., 2001, 318 p. (In Russ.)
15. *Shpotova L. V., Ushakov V. V.* Paleozoyskiy shchelochno-bazal'tovyy vulkanizm zapada Yuzhnogo Tyan'-Shanya [Paleozoic alkaline-basalt volcanism of the west of the Southern Tien Shan]. Tashkent, Fan publ., 1981, 150 p. (In Russ.)

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.

Роль АО «ЦНИИгеолнеруд» в изучении минерально-сырьевой базы неметаллов Северного Кавказа

АО (ФГУП) «ЦНИИгеолнеруд» внесло значительный вклад в изучение минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых Северного Кавказа. В истории исследований данного региона выделяются два этапа. На первом этапе проводились отдельные региональные работы обзорного уровня. Второй этап характеризуется активизацией тематических и геологоразведочных работ ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» в содружестве с различными производственными организациями.

Ключевые слова: неметаллический, полезное ископаемое, минерально-сырьевая база, изучение, аналитико-технологическое, геолого-экономическое, исследования, этапы, рекомендации, Северный Кавказ, АО «ЦНИИгеолнеруд», РФ.

АКСЁНОВ ЕВГЕНИЙ МИХАЙЛОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, советник по неметаллам ¹

БЕЛЯЕВ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник ², evbel2018@yandex.ru

АНТОНОВ ВАДИМ АЛЕКСЕЕВИЧ, учёный секретарь ²

¹ Акционерное общество «Росгеология», г. Москва

² Акционерное общество «ЦНИИгеолнеруд», г. Казань

The contribution of AO TSNIIgeolnerud in the investigation of non-metal mineral resource base in the North Caucasus

E. M. AKSENOV¹, E. V. BELYAEV², V. A. ANTONOV²

¹ JSC "Rosgeologia", Moscow

² AO "TSNIIgeolnerud", Kazan

The AO TSNIIgeolnerud has initiated a huge amount of study of the non-metallic mineral resource base of the North Caucasus. The history of exploration of this region includes two main periods. The first one was primary-explorational works. The second one comprised a lot of research and exploration work of AO TSNIIgeolnerud that were made in collaboration with many industrial companies.

Key words: non-metallic, mineral, mineral resources, exploration, technological analysis, economic geology, research, stages, recommendations, North Caucasus, AO TSNIIgeolnerud, Russian Federation.

Настоящая работа посвящена 50 годовщине (1972–2022 гг.) изучения и развития минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых Северного Кавказа коллективом ЦНИИгеолнеруд (до 1992 г. – ВНИИгеолнеруд). Неметаллические полезные ископаемые – одна из самых распространённых групп минерального сырья (более 150 видов), и их стратегическое значение определяется широко-масштабным и многоцелевым использованием для обеспечения устойчивого развития базовых эконо-

мических комплексов [3]. Фактически объём потребления неметаллических полезных ископаемых свидетельствует об уровне социально-экономического развития страны.

Химический и нефтегазохимический комплексы являются крупнейшими потребителями нерудных полезных ископаемых, в число которых входят апатиты, карбонатные породы, минеральные соли, магнетит, бораты, плавиковый шпат, барит, бентониты, шунгит, элементная сера, слюды, кварцевое сырьё и др.

Металлургический комплекс, цементная и стекольная промышленность, другие производства используют огнеупорную продукцию, для производства которой необходимы магнезит, графит, высокоглинозёмные минералы, огнеупорные глины, кварциты, беложгущиеся каолины, корунд, циркон, технический топаз и др.

Для обеспечения топливно-энергетического комплекса необходимы барит как утяжелитель буровых растворов при глубоком и сверхглубоком бурении, бентониты для производства буровых растворов. Для производства пропантов (керамические гранулированные материалы), необходимых для повышения нефте- и газодобычи по технологии гидроразрыва пластов, используются каолин, кварцевые пески, высокоглинозёмные минералы [23].

Решение социально-экономических и экологических проблем, реализация национальных проектов жилищного и промышленного строительства, транспортной и энергетической инфраструктуры невозможны без развития минерально-сырьевой базы (МСБ) промышленности строительных материалов.

Значителен вклад ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» в развитие МСБ неметаллов, выполнившего ряд работ по геолого-экономической и аналитико-технологической оценке как отдельных видов и групп сырья (адсорбенты, минерально-строительное сырьё для обеспечения нефтегазового и металлургического комплексов), так и отдельных регионов. Результаты проведённых исследований позволили не только дать реальную оценку состояния, использования и перспектив развития МСБ неметаллов, но и выделить первоочередные объекты для геологического изучения и освоения, в том числе новых нетрадиционных для России видов сырья и геолого-промышленных его типов. Исследования проводились на территории Северо-Кавказского, Южного и Приволжского федеральных округов, Северного Прикаспия, юга Сибири и Дальнего Востока. При этом наиболее активно изучение и развитие минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых проводилось специалистами АО (ФГУП) «ЦНИИгеолнеруд» в республиках и краях Северного Кавказа, в истории изучения неметаллов которые можно выделить два этапа.

Первый этап (1972–2004 гг.) начался с изучения фосфатного сырья и проводился в рамках выполнения работ по теме «Научные обоснования основных направлений развития поисковых и разведочных работ в СССР на апатиты в 1976–1980 гг.», ответственным исполнителем которой был Р. М. Файзуллин. Результаты проведённых исследований легли в основу Программы развития геологоразведочных и научно-исследовательских работ на апатиты СССР до 1980 г.

Начиная с 1973 г. Мингео СССР и другими ведомствами были предприняты шаги по усилению научно-исследовательских, поисковых и разведочных работ в перспективных районах Кольского полуострова, Северного Кавказа, Сибири и Дальнего Востока.

По инициативе и при научно-методическом руководстве А. И. Кринари специалистами ВНИИгеолнеруд (головная организация) при широком участии других научно-исследовательских институтов Мингео СССР и тематических групп территориальных геологических управлений Мингео РСФСР был решён ряд задач по проблемам «Прогноз месторождений неметаллов в перспективных районах СССР и разработка предложений к планам геологоразведочных работ» и «Разработка и усовершенствование научных основ прогноза, методики поисков, разведки и геолого-экономической оценки месторождений горнохимического сырья» (кураторы фосфатного раздела А. С. Михайлов и Р. М. Файзуллин).

В 1975 г. сотрудниками ВНИИгеолнеруд Р. М. Файзуллиным, Е. В. Беляевым, И. С. Садыковым и др. была впервые составлена «Прогнозная карта на апатиты территории СССР масштаба 1:7 500 000», на которой детально рассматривались перспективы апатитонности Кольской, Алданской, Джугджуро-Становой, Кавказской и других провинций.

В течение первого этапа специалистами ВНИИгеолнеруд наряду с апатитами проведено ревизионное обследование объектов различных видов минерального сырья (бентониты, облицовочные камни, карбонатное сырьё, бор, цеолиты, фосфориты, сода), расположенных на территории Большого Кавказа и Закавказья.

В результате прогнозно-минерагенических исследований в начале 70-х XX в. сотрудниками института Н. В. Кирсановым, А. А. Сабитовым, И. И. Зайнуллиным и др. была предположена потенциальная бентонитонность палеоген-неогеновых отложений Предкавказского прогиба. Разработаны рекомендации по проведению поисковых работ на Нальчикско-Черекской площади, в пределах которой были выделены шесть перспективных участков. По данным изучения вещественного состава глин установлено, что приповерхностная часть продуктивного пласта сложена щелочноземельным бентонитом, а более глубокие горизонты – щелочным.

В конце 80-х годов XX в. по рекомендации и разработанной методике ВНИИгеолнеруд и при его непосредственном участии Кабардино-Балкарская ГРЭ провела разведку Герпегежского месторождения бентонитов. Было выявлено, что продуктивный пласт месторождения содержит пять природных типов сырья, в том числе щелочные бентониты разной степени известковистости. Впоследствии ООО «Налмининдастри»

и «Бентонит» получены лицензии на разработку месторождения и начата добыча сырья.

Перспективы открытия на территории Кавказа промышленных месторождений асбеста изучались в 1979–1982 гг. сотрудниками ВНИИГеолнеруд В. С. Поляниным и Ереванской опытно-методической экспедиции Н. С. Корчагиной в рамках исследований по народнохозяйственной теме «Прогнозная карта асбестоносности СССР масштаба 1:2 500 000 (ВНИИГеолнеруд, 1982 г.). В результате установлено, что массивы ультрамафитов территории Кавказа, как правило, интенсивно расланцованы, полностью серпентинизированы и не могут вмещать месторождения хризотил-асбеста баженковского геолого-промышленного типа (в России эксплуатируются месторождения хризотил-асбеста только этого типа). Массивы частично серпентинизированных ультрамафитов залегают среди гнейсов и кристаллических сланцев докембрия, а степень их метаморфизма превышает уровень, допустимый для сохранения месторождений баженковского геолого-промышленного типа. В связи с этим перспективы открытия промышленных месторождений хризотил-асбеста были оценены как весьма низкие, и проведение геолого-разведочных работ на хризотил-асбест на территории Кавказа не рекомендовалось. Месторождения и проявления других видов асбестов и перспективы обнаружения промышленных скоплений на территории Кавказа также были оценены отрицательно.

Специализированные работы на облицовочные камни на Северном Кавказе в ВНИИГеолнеруд не проводились. Данная территория изучалась на региональном уровне в рамках различных разработок института по всей территории СССР:

1. Состояние и перспективы расширения сырьевой базы облицовочного камня СССР (1974 г.).
2. Разработка рекомендаций по совершенствованию методики поисков и оценки месторождений облицовочного камня СССР (1980 г.).
3. Обобщение результатов геологоразведочных работ на мрамор и мраморизованные известняки в целях совершенствования методики их поисков (1982 г.).
4. Разработка методических рекомендаций по оценке блочности и выявлению крупных блоков на месторождениях облицовочного камня (1990 г.).
5. Анализ состояния сырьевой базы облицовочного камня России и возможности его использования в современных рыночных условиях.

В этот же период сотрудниками ВНИИГеолнеруд В. Г. Чайкиным, Ю. В. Баталиным, В. А. Антоновым и др. осуществлена прогнозная оценка территории Северного Кавказа на содовое сырьё [33]. На основе разработанных прогнозно-поисковых критериев выделена

серия эрозионно-тектонических котловин, выполненных предположительно отложениями содовых озёр в пределах Ставропольского свода и Лабино-Малкинского краевого массива.

В середине 1970-х годов перед ВНИИГеолнеруд была поставлена задача решения крупной проблемы «Комплексная оценка сырьевых ресурсов неметаллических полезных ископаемых СССР и крупных регионов с составлением прогнозных минерагенических карт». Решение данной проблемы в 1976–1979 гг. проводилось в рамках изучения темы «Минерагения фанерозоя европейской части СССР как основа прогнозной оценки на неметаллы», которая включала и территорию Северного Кавказа (авторы Р. Н. Валеев, В. Г. Чайкин, В. А. Антонов и др.). К исследованиям были привлечены сотрудники Ереванской опытно-методической экспедиции (филиал ВНИИГеолнеруд) Р. Г. Гарнян, Н. С. Корчагина и др. [32] под непосредственным методическим руководством ВНИИГеолнеруд.

Полученные основные результаты исследований первого этапа территории Северного Кавказа сводятся к следующему:

- изучены парагенные ассоциации промышленных минералов и горных пород экзогенного и эндогенного классов;
- выделены продуктивные формации, включающие месторождения и проявления глин (бентонитовых, каолиновых), фарфоровых камней, песков стекловых и формовочных, известняков, доломитов, солей (каменной, калийной), соды, серы, гипса, ангидрита, фосфоритов, бора, барита, облицовочных мраморов, кварцитов, графита, кровельных сланцев, яшмы, серпентинита, магнезита, апатита и др.;
- определены основные закономерности пространственного и временного размещения парагенных ассоциаций нерудных полезных ископаемых;
- построены минерагеническая карта на формационной основе (рис. 1) и карта прогнозно-минерагенического районирования на тектонической (режимной) основе Северного Кавказа масштаба 1:1 500 000;
- результаты структурно-формационного анализа позволили впервые провести минерагеническое районирование территории Северного Кавказа с выделением минерагенических таксонов и определением их минерагенической специализации.

Составление минерагенической карты европейской части СССР под руководством Р. Н. Валеева, Л. Ф. Солонцова, Е. М. Аксёнова позволило подвести итог многолетним комплексным минерагеническим исследованиям, в результате которых были выявлены основные закономерности размещения нерудных полезных ископаемых и намечены основные

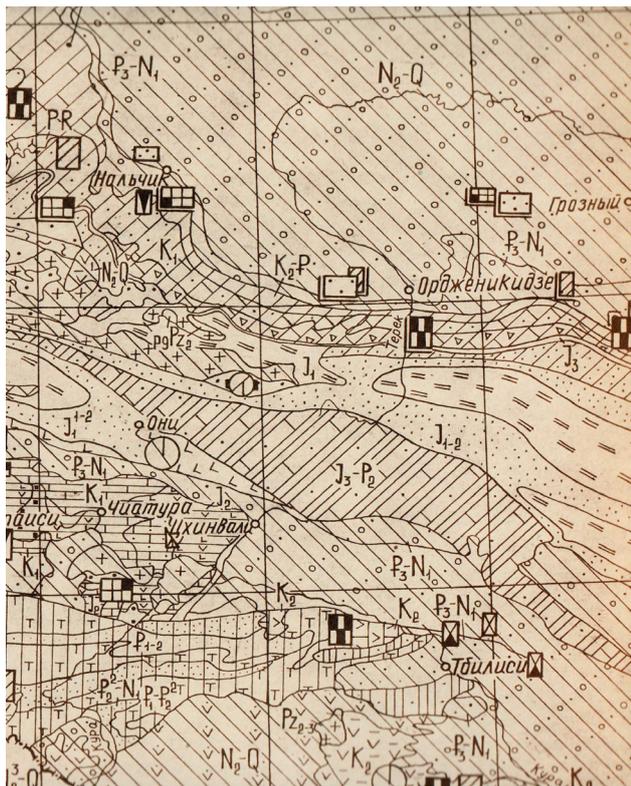


Рис. 1. Фрагмент минерагенической карты СССР на неметаллы масштаба 1:1 500 000 (1979 г.)

направления прогнозных и поисковых работ в пределах наиболее развитых в промышленном отношении крупнейших экономических районов страны. Данная работа является первым опытом системного минерагенического анализа платформенных и складчатых областей.

В указанный период в ВНИИГеолнеруд широко проводились трансрегиональные минерагенические исследования с составлением мелкомасштабных (1:500 000–2 500 000) специализированных прогнозно-минерагенических карт территории СССР, включая Северный Кавказ, на различные виды неметаллов (фосфатное сырье, асбест, минеральные соли, кремнистое сырье и др.). В ходе работы, в которой активное участие принимали Г. Г. Ахманов, Ю. В. Баталин, Н. Б. Валитов, Г. П. Васянов, Б. Ф. Горбачев, У. Г. Дистанов, М. И. Карпова, Н. В. Кирсанов, А. В. Кузнецов, А. С. Михайлов, Ю. В. Сементовский, А. А. Сабитов, Е. Ф. Станкевич, И. Н. Тихвинский, В. С. Тохтасьев, Р. М. Файзуллин, В. Г. Чайкин, А. И. Шевелев и др., составлялась методика создания карт и легенд к ним, разрабатывалась структурно-формационная основа с последующей её трансформацией в минерагеническую карту, проводился минерагенический анализ

территории с выделением минерагенических провинций, бассейнов, зон и районов. Результатирующим этапом являлся процесс прогнозно-минерагенических исследований, включающий составление авторских оригиналов прогнозных карт и их анализ, количественную оценку прогнозных ресурсов, перспективную оценку минерагенических подразделений и разработку их по степени важности, выработку рекомендаций по направлениям геологоразведочных и тематических работ.

Одна из первых таких разработок – минерагеническая карта СССР на фосфатное сырье масштаба 1:2 500 000 [29, 30], составленная большим коллективом специалистов различных научно-исследовательских (ВНИИГеолнеруд, ВСЕГЕИ, ДВИМС, СНИИГГиМС, ИМР, ГИГХС и др.) и производственных (Севзапгеология, Центргеология, Уралгеология, Севкавказгеология и др.) организаций под руководством главного редактора А. С. Зверева заместителей главного редактора А. С. Михайлова и А. А. Смыслова. Карта представляет собой первый опыт составления специализированной на апатиты и фосфориты карты обширной и сложнопостроенной территории СССР, включающей и Северный Кавказ (рис. 2).

В начале 90-х годов прошлого столетия по результатам картирования масштаба 1:200 000 (Ю. Т. Смоляков, В. Н. Силантьев) оценены перспективы выявления месторождений зернистых фосфоритов в палеоцен-эоценовых отложениях Северного Кавказа. Локализованы перспективные участки для поисков в междуречье Белая–М. Лаба и оценены прогнозные ресурсы по категориям P_2 и P_3 .

Проведённые в 1991–1994 гг. (Е. В. Мерончук и др., 1994 г.) при участии ВНИИГеолнеруд исследования в полосе выходов палеоцен-эоценовых отложений от р. Холокодзь на западе до р. Губе на востоке позволили выделить в качестве наиболее перспективной Абадзехскую площадь и дать рекомендации для постановки поисков.

Современный этап изучения МСБ Северного Кавказа охватывает период с 2005 по 2021 гг. В XX и начале XXI в. среди кавказских, а также советских и российских геологов преобладало мнение о доминирующей роли в структуре его минерально-сырьевой базы углеводородов и металлических руд при подчинённом значении неметаллических полезных ископаемых. По-новому взглянуть на роль неметаллов в МСБ Северного Кавказа позволила работа, выполненная специалистами ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» в рамках Государственного контракта по теме «Геолого-экономическая и аналитико-технологическая оценка минерально-сырьевых ресурсов неметаллических полезных ископаемых Южного федерального округа с разработкой программы и рекомендаций

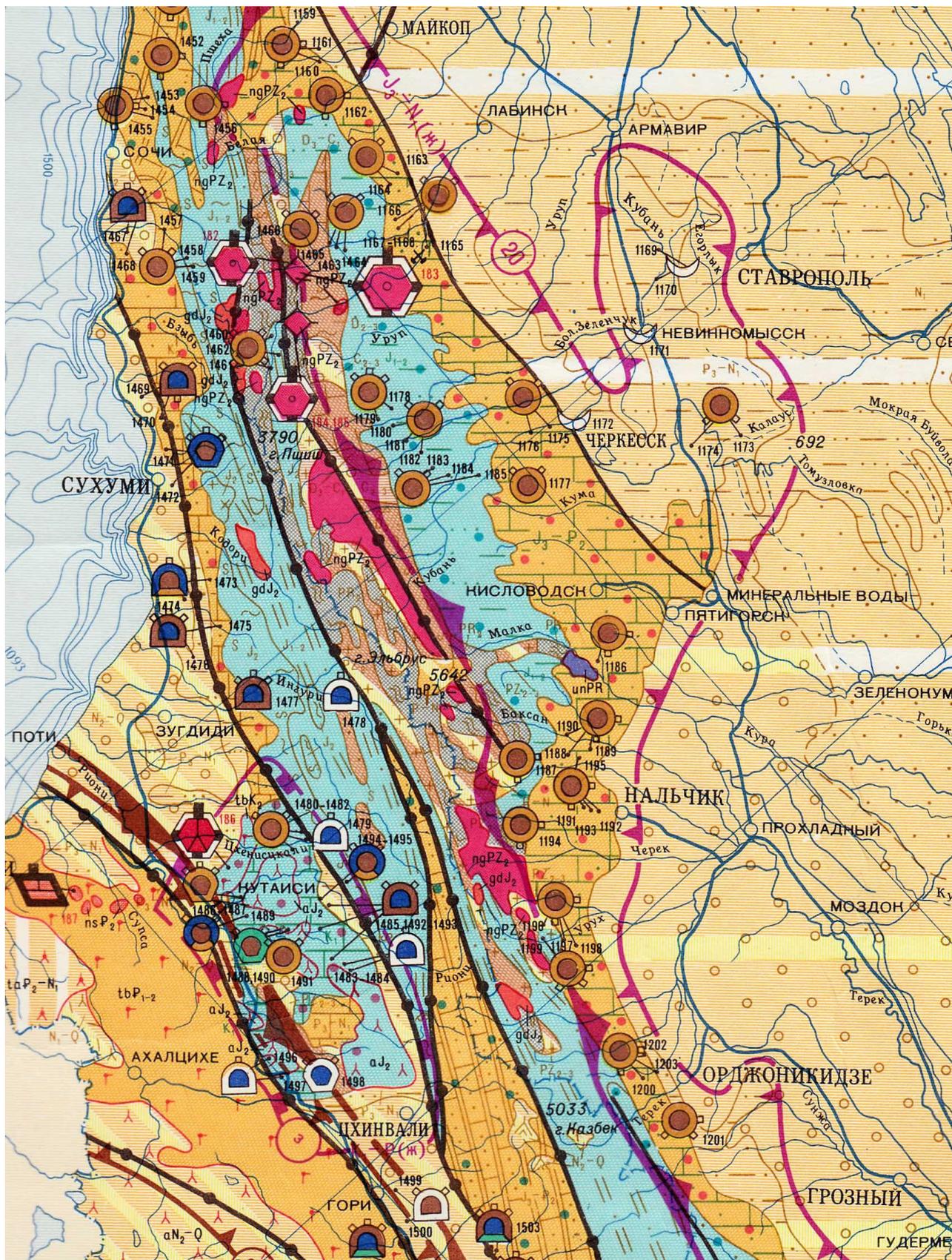


Рис. 2. Фрагмент минерагенической карты СССР (фосфатное сырьё) масштаба 1:2 500 000 [27]

по геологическому изучению и реализации инвестиционного потенциала региона» (2005–2007 гг.).

В данной работе активное участие приняли сотрудники ряда производственных (М. М. Курбанов, Н. А. Гладких, ОАО «Севкавгеология», В. Т. Битаров, К. Е. Мирошников, О. П. Туаев, ОАО «Севосгеолого-разведка») и научно-исследовательских (А. С. Савин, Северо-Кавказский филиал «ВИМС») организаций. Результаты исследований показали значимость неметаллических полезных ископаемых в социально-экономическом развитии региона и их роль в формировании бюджета субъектов Южного федерального округа [19].

Основные результаты выполненных работ сводятся к следующему:

- детально охарактеризована минерально-сырьевая база нерудных полезных ископаемых субъектов Российской Федерации, входящих в Южный федеральный округ, и установлены основные закономерности размещения месторождений и проявлений [21];
- проведены прогнозно-ревизионные (полевые) работы на 98 месторождениях и проявлениях 27 видов нерудных полезных ископаемых, расположенных на территории Краснодарского края, республик Адыгея, Дагестан, Северная Осетия-Алания, Кабардино-Балкарская и Карачаево-Черкесская;
- проведены лабораторно-технологические испытания проб 89 объектов 23 видов сырья; при этом созданы новые схемы обогащения мусковитсодержащих пород, фосфатно-кварцевых песков, волластонита, шунгита, графита аморфного и кристаллического, спекуларитсодержащих руд; определены нетрадиционные направления использования перлитового сырья, вулканических пеплов и туфов, известково-кремнезёмистого сырья, волластонита, мусковитсодержащих пород, шунгита, графита аморфного [10, 18];
- разработан программно-технический комплекс ГИС-Атлас минерально-сырьевой базы твёрдых нерудных полезных ископаемых, состоящий из фактографических и картографических банков данных, а также программных модулей, поддерживающих работу системы на основе геоинформационных технологий; сформирована база данных из 405 месторождений и 286 объектов прогнозных ресурсов [19];
- составлен комплект графических приложений, в который входят карта размещения объектов нерудных полезных ископаемых и прогнозно-минералогическая карта [24] нерудных полезных ископаемых Южного федерального округа (рис. 3), специализированные прогнозно-минералогические карты на конкретные виды сырья, геолого-экономическая карта нерудных полезных ископаемых вышеназванного федерального округа, а также геолого-экономические карты нерудных полезных ископаемых

субъектов Российской Федерации Южного федерального округа;

- выполнены геолого-экономическая оценка и переоценка 40 месторождений нерудных полезных ископаемых, в том числе: облицовочного камня, цементного сырья, известняков, гипса, камнесамоцветного сырья, минеральных пигментов, стекольных песков, бентонитов, апатитов, каменной соли, формовочных песков, баритов, доломитов, огнеупорных глин, перлитов, вулканического туфа [15];
- выделены основные горнопромышленные узлы и рекомендованы пути их развития [2, 11];
- проведены маркетинговые исследования рынка минерального сырья и продукции на его основе в границах Южного федерального округа, с анализом основных грузопотоков товарообмена с сопредельными федеральными округами;
- оценены стоимость недр, инвестиционный и налоговый потенциал как основа регулирования геологического изучения и недропользования;
- разработаны сценарные варианты перспективных потребностей основных отраслей промышленности в конкретных видах неметаллического сырья и продукции на его основе;
- разработана комплексная программа геологического изучения недр, воспроизводства и использования МСБ твёрдых нерудных полезных ископаемых (ТНПИ) для Южного федерального округа на средне-долгосрочный период, включающая 67 объектов, рекомендуемых для проведения в ближайшее время и обозримом будущем геологоразведочных работ за счёт федерального бюджета и средств недропользователей; составлена программа лицензирования участков недр, объединяющая 75 объектов, которые в ближайшей перспективе могут быть выставлены на конкурс [13];
- завершены поисковые работы на волластонитовые руды и цементное сырьё в Кабардино-Балкарской Республике, бентонитовые глины и сырьё для производства базальтового волокна в Северной Осетии-Алании, высококачественное цементное сырьё и цеолитсодержащие породы Дагестана, каолиновые (огнеупорные) глины проявления Таракул-Тюбе (Карачаево-Черкесская Республика), оценочные работы на высококачественное цементное сырьё на Сармаковском участке (Кабардино-Балкарская Республика), переоценка ресурсного потенциала природных сорбентов на территории Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краёв, создание обоснования инновационного проекта освоения неметаллических полезных ископаемых Тырныаузского рудного узла [7].

Последней по времени крупной разработкой ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» в содружестве с производственными

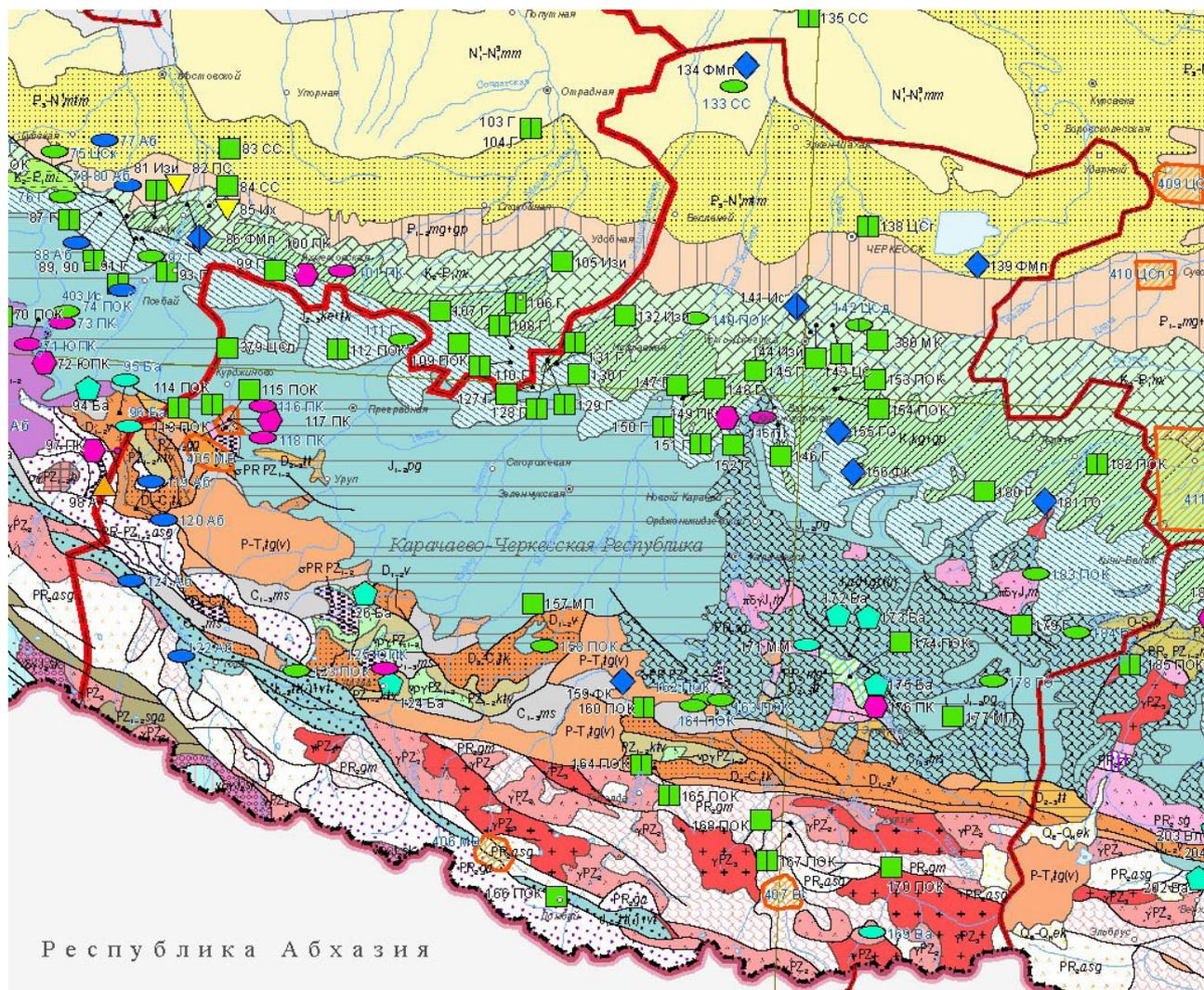


Рис. 3. Фрагмент Карты размещения объектов неметаллических полезных ископаемых Северо-Кавказского федерального округа

организациями Северного Кавказа (ОАО «Севкавгеология», ОАО «Севосгеологоразведка», ООО ГТНПП «ЮгРосминералсырьё») является работа, выполненная в рамках Государственного контракта № 48 «Ревизионно-поисковые работы на нерудные полезные ископаемые в пределах основных горнопромышленных районов Северного Кавказа с выделением участков недр для дальнейшего изучения и лицензирования» (2012–2014 гг.). В данной работе проанализирован минерально-сырьевой потенциал 20 видов неметаллических полезных ископаемых, имеющих федеральное (абразивное сырьё, барит, полевошпатовое сырьё, бентониты и бентонитоподобные глины, волластонит, высокоглинозёмное сырьё, мусковитовое сырьё, цветные камни и др.) и региональное

(гипс, магнезиальное сырьё, цементное сырьё, цеолиты и цеолитсодержащие породы, пески стекольные и др.) значение [10]. Проведены прогнозно-минерогенические исследования территории Северного Кавказа (рис. 4) с выделением минерогенических таксонов (провинция, область, район, подзона) [9].

В рамках договора № 116/2 ОАО «Севосгеологоразведка» при участии ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» (рис. 5) локализованы и оценены прогнозные ресурсы жильного кварца горной части Республики Северная Осетия – Алания [22]. Исследования Фиадонской и Наро-Мамисонской площадей показали, что в небогатённом виде большинство проб соответствуют требованиям ГОСТ 2169–69 и пригодны для получения металлургического (кристаллического)

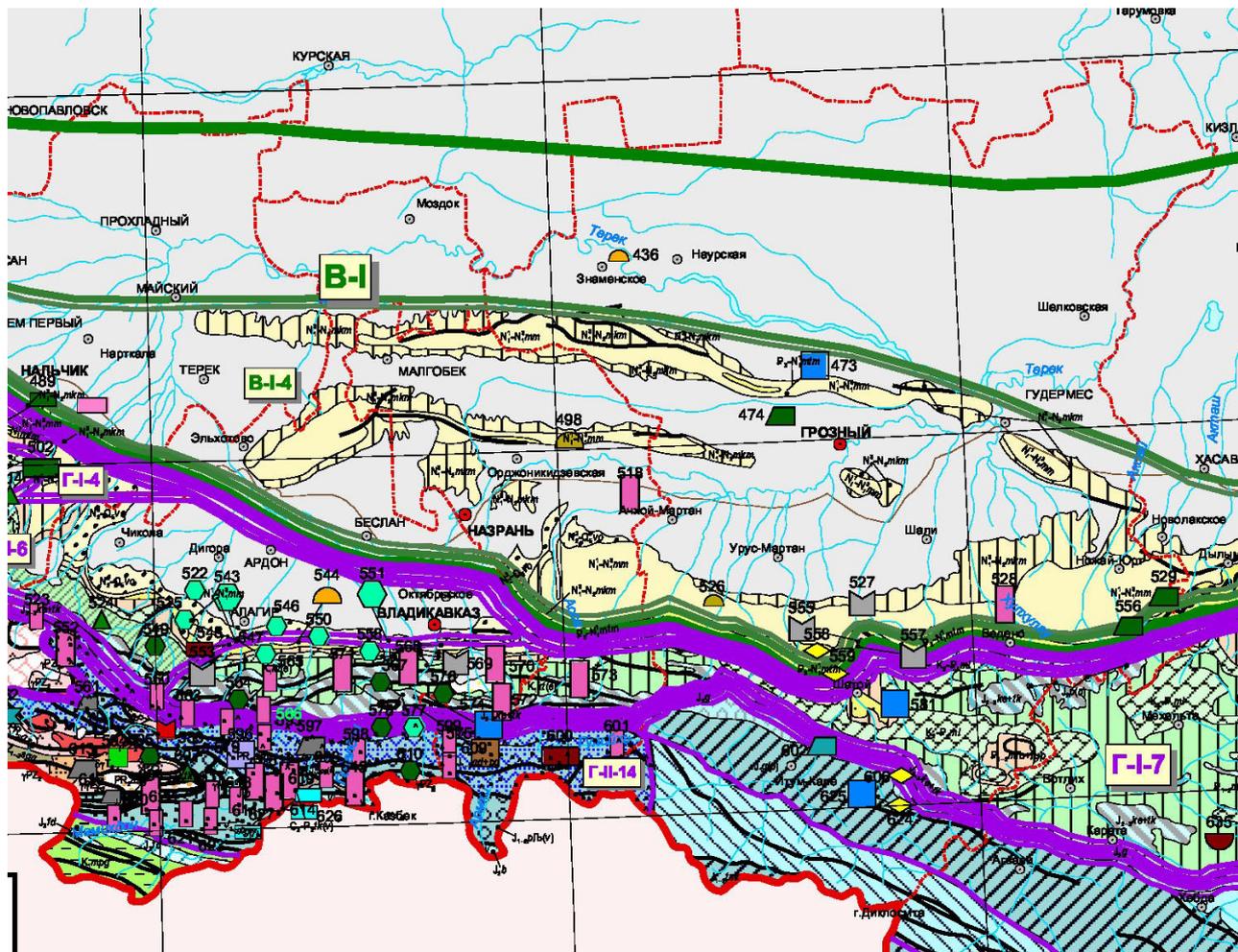


Рис. 4. Фрагмент прогнозно-минералогической карты Северного Кавказа

кремния. Кварцевые концентраты, соответствующие техническим требованиям ГОСТ 2169–69, могут применяться для изготовления специальных сплавов, силуминов, в силикатно-термических процессах восстановления, производства водорода, пиротехнических изделий, для производства поликристаллического кремния с использованием «Сименс-процесса».

Наиболее качественным признано сырьё проявлений Льядонская Зона, Арсикомское, Даргшудонское, Дзагалыкомское; кварцевые концентраты потенциально пригодны для производства кремниевой продукции «солнечного качества». Суммарные прогнозные ресурсы кварцевого сырья Фиагдонской площади по категории P_2 составили 971,0 тыс. т.

На Курдильской площади (Республика Дагестан) локализованы и оценены прогнозные ресурсы диабазовых пород, которые составили 38,5 млн т категории P_1 и 20,6 млн т категории P_2 . Результаты техно-

логических исследований показали возможность получения из диабазовых пород базальтового волокна. Наиболее перспективный Ахвай-Хурайский участок рекомендован для постановки оценочных работ [20].

В результате проведённых аналитико-технологических исследований разработаны оптимальные схемы обогащения для получения широкого спектра материалов и изделий из гипсового сырья, доломитов, вулканогенных пород (пеплов, туфов), жильного кварца для производства кремния «солнечных сортов», цеолитсодержащих пород и цеолитов, кварцевых песчаников, гранитов в качестве полевошпатового сырья, мусковитового сырья, диабазовых пород для получения базальтового волокна, минеральных пигментов и т. д. Всего исследован 21 вид сырья 58 перспективных объектов девяти субъектов РФ по Северному Кавказу [17].



Рис. 5. Сотрудники ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» и ОАО «Севосгеологоразведка» при проведении поисковых работ на высококачественное кварцевое сырьё (Республика Северная Осетия – Алания)

В процессе изучения минерально-сырьевой базы Северного Кавказа сотрудниками ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», производственных организаций ОАО «Росгеология» (АО «Севосгеологоразведка») и других предприятий (ОАО «Севкавгеология», ГУП «РЦ Дагестангеомониторинг», ООО ГГНПП «ЮгРосминералсырьё») установлены новые виды минерального сырья, такие как природные абразивы, цеолитсодержащие породы, высококачественное кварцевое сырьё, магнезит-гидромагнезитовые руды, сырьё для производства базальтового волокна, нефрит, кианит [14].

По результатам геолого-экономической оценки территории Северного Кавказа выделены горно-промышленные районы и горно-промышленные узлы [7], определены центры потребления нерудного сырья, оценён минерагенический потенциал и геолого-экономические показатели выделенных районов и узлов [15].

Геолого-экономическая оценка по укрупнённым показателям проведена по 36 перспективным объектам 12 видов неметаллического сырья. Установлена рентабельность промышленного освоения ме-

сторождений и проявлений известняков, стекольных песков, бентонитовых и бентонитоподобных глин, доломитов, битуминозных песчаников серпентинитов, халцедона морской ракушки, абразивных материалов, формовочных и стекольных песков, цеолитсодержащих пород, гипса и других объектов, расположенных в пределах основных горно-промышленных районов.

Разработаны рекомендации для включения в программу поисковых и оценочных работ перспективных объектов строительных материалов, естественных абразивов, стратиформных баритовых руд, доломитов многоцелевого использования, сырья для производства базальтового волокна, цементного сырья, огнеупорных глин, кварц-полевошпатового сырья, природно-диспергированных мусковитовых руд, аморфного магнезита, нефрита, вулканогенно-осадочных пород как сырья для производства строительных изделий многоцелевого использования, высококачественного кварцевого сырья, цеолитов и цеолитсодержащих пород, бентонитов, стекольных песчаников, карбонатного сырья для сахарной

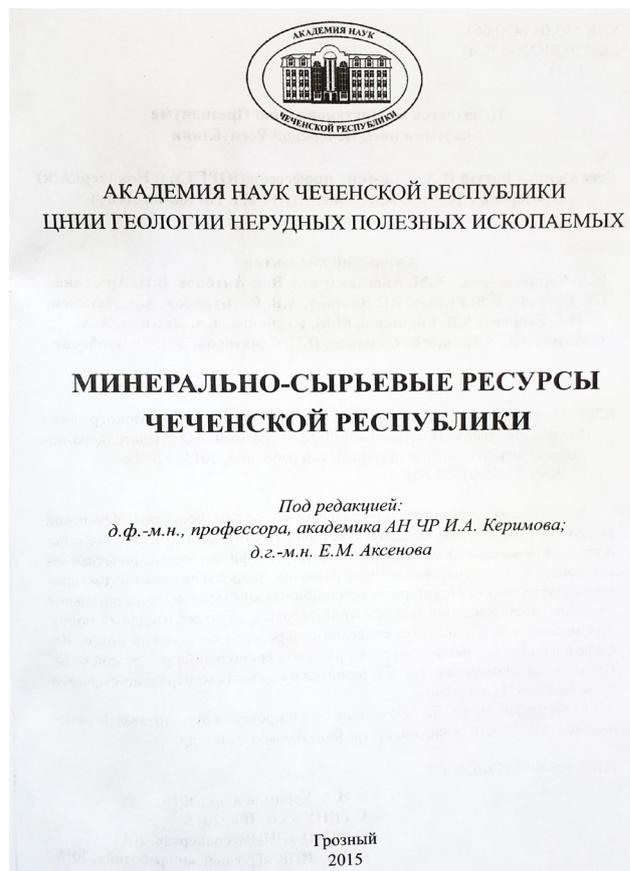
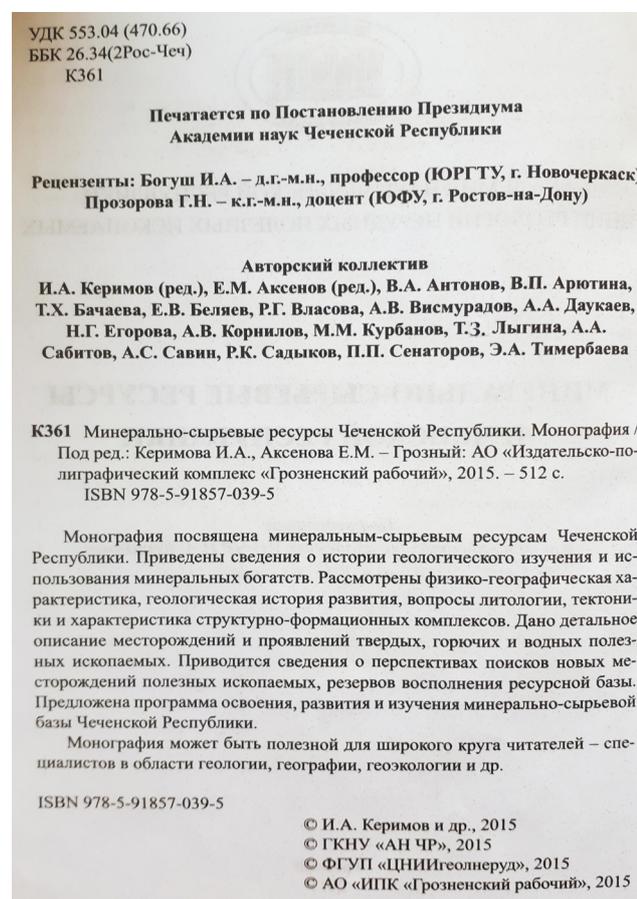
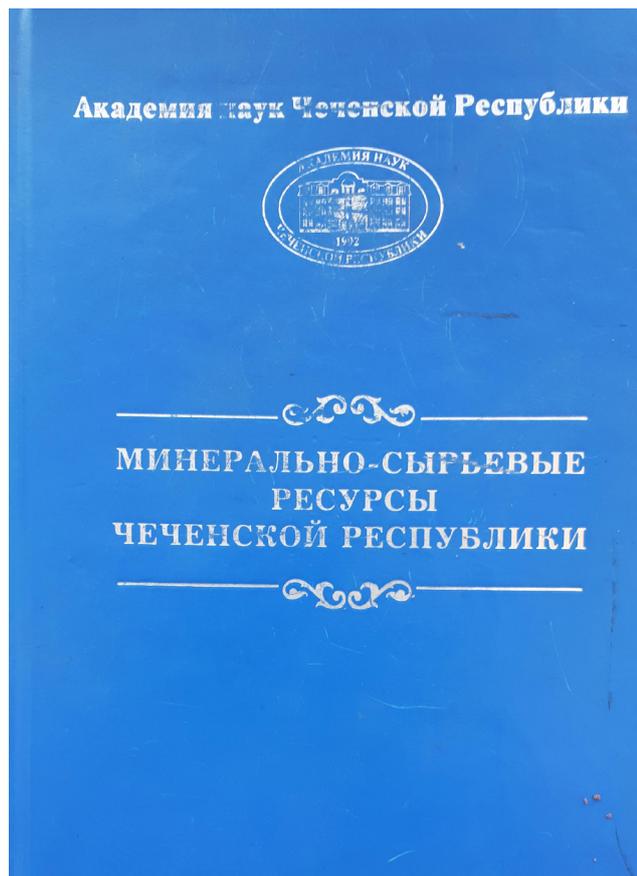


Рис. 6. Монография по МСБ Чеченской Республики – первый совместный труд чеченских и казанских геологов [29]

промышленности опал-кристобалитового кремнистого сырья многоцелевого использования, минеральных пигментов [12, 24].

Даны предложения по переоценке ресурсного и инновационного потенциала неметаллических полезных ископаемых федерального значения, изучению конкретных горно-промышленных районов и субъектов РФ, расположенных на территории Северного Кавказа.

Выделен ряд перспективных объектов неметаллических полезных ископаемых нераспределённого фонда недр, рекомендованных для включения в программу лицензирования в целях геологического доизучения и(или) эксплуатации [4].

Программа лицензирования участков недр, планируемых для реализации инвестиционных проектов недропользования, включает объекты, рекомендуемые для проведения аукциона (конкурса) на право пользования недрами на ближайшую перспективу (2016 г.), средне- (2017–2020 гг.) и долгосрочный (2021–2025 гг.) периоды. В программу вошли

месторождения и перспективные проявления, которые по результатам аналитико-технологической и геолого-экономической оценки, геологическим предпосылкам, экспертным оценкам кураторов по видам сырья ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» и рекомендациям территориальных отделов геологии и лицензирования Департаментов по недропользованию по Южному и Северо-Кавказскому федеральным округам могут быть объектами промышленной разработки. Для большинства объектов проведены геолого-экономические расчёты по укрупнённым показателям [4].

Сотрудники института принимали активное участие в работе научно-практических конференций, посвящённых проблемам геологии Северного Кавказа (г. Ессентуки, 1985, г. Саратов, 2005, 2008, г. Ростов-на-Дону, 2009, г. Махачкала, 2011, г. Грозный, 2011–2015, г. Владикавказ, 2013, гг. Грозный–Владикавказ, 2015, г. Ессентуки, 2016–2021).

На основе полученных результатов изучения МСБ ТНПИ Северного Кавказа издано около 200 работ (монография, статьи, тезисы докладов). Многие работы опубликованы в соавторстве с геологами руководящих [1, 21, 16], производственных [23, 28] и научно-исследовательских [5, 27] организаций. Наиболее значимой опубликованной работой данного периода является монография «Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики» [31], составленная в творческом содружестве специалистами ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», Академии наук Чеченской Республики и Отдела геологии и лицензирования Департамента по недропользованию по Северо-Кавказскому федеральному округу по Чеченской Республике (рис. 6).

В монографии приведены современные материалы об истории геологического изучения и использования минеральных ресурсов Чеченской Республики. Рассмотрены основные черты геологического строения её территории, охарактеризована минерально-сырьевая база республики, включающая нефть, газ, твёрдые неметаллические полезные ископаемые, рудные месторождения и проявления, подземные воды. Изучены основные геолого-промышленные типы месторождений неметаллов. Приведено минерагеническое районирование территории республики. Дана прогнозная оценка её территории на неметаллы. Оценены вещественный состав и технологические свойства ТНПИ. Проведена геолого-экономическая оценка МСБ ТНПИ.

В АТСИЦ ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» разработан ряд инновационных технологических схем, которые могут быть использованы при комплексной оценке неметаллических прогнозных ископаемых Чеченской Республики: получение новых высокоэффективных

строительных материалов, модифицированных глино-порошков для буровых растворов, холодного асфальтобетона, керамического щебня, технической и строительной керамики с улучшенными эксплуатационными свойствами, жидкого стекла на основе цеолитсодержащих кремнистых пород, адсорбентов и сорбционно-фильтрующих материалов многоцелевого назначения на основе местного минерального сырья, нанонаполнителей из природных минеральных объектов и получение на их основе наноструктурированных полимерных и эластомерных композиций и др.

Разработаны стратегия и предложения к программам освоения, развития и изучения МСБ ТНПИ Чеченской республики. Определены направления ГРП и первоочередные объекты для участия в конкурсах и аукционах на право пользования недрами в целях добычи неметаллических полезных ископаемых.

Последний пик научной деятельности института на Северном Кавказе пришёлся на 2014 год, когда была закончена работа по последнему госконтракту и наступил резкий спад, как, впрочем, и во всей геологической службе России. Однако связь института с северокавказскими геологическими научными и производственными организациями не прекращалась. Сотрудники «ЦНИИгеолнеруд» оказывали консультативную помощь в проведении геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые в Республиках Дагестан [5], Чеченская [31], Северная Осетия – Алания [22], Кабардино-Балкарская [25]. Продолжали активное участие в традиционной конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа», проводящейся ежегодно в Грозном и Ессентуках (с 2011 г.), и в публикации совместных статей, докладов и монографий.

Институт не ограничивался территорией Российской Федерации, а занимался изучением и переоценкой минерально-сырьевых баз стран ближнего зарубежья. В частности, сотрудниками института была изучена МСБ основных видов твёрдых нерудных полезных ископаемых республик Южная Осетия [5], Абхазия [6]. Предложены основные направления освоения и развития минерально-сырьевых баз нерудных полезных ископаемых для восстановления их экономики.

Таким образом, на протяжении почти 50 лет ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» проводил планомерное и комплексное изучение минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых Северного Кавказа. Собран большой фактический материал по геологии, вещественному составу, технологическим свойствам, инновационным способам переработки и обогащения сырья, направлениям использования

различных видов нерудного сырья. При этом прирост запасов и прогнозных ресурсов по некоторым видам нерудных полезных ископаемых достиг значительных объемов.

Полученные материалы могут быть использованы при планировании как научно-исследовательских, так и геологоразведочных работ, направленных на расширение и освоение МСБ ТНПИ в целях обеспечения эффективного функционирования строительного и агропромышленного комплексов, химической промышленности, транспортной системы и др., а также выполнения социально-экономических программ развития Северного Кавказа. Активное освоение минерально-сырьевых ресурсов региона будет способствовать повышению его промышленного и экономического потенциала, решению социальных проблем, снижению дотационных вложений.

Для социально-экономического развития региона необходимо привлечение государственных и коммерческих инвестиций в эксплуатацию имеющихся промышленных месторождений и постановку геологоразведочных работ на новых промышленно-перспективных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абайханов У. И., Беляев Е. В., Омельченко В. Л. Минерагения неметаллов Карачаево-Черкесской Республики // Сборник VI Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» / Под ред. И. А. Керимова, В. Б. Заалишвили, В. И. Черкашина. – Грозный : АН ЧР, 2017. – Т. VI. – С. 7–14.
2. Аксенов Е. М., Беляев Е. В., Сенаторов П. П. [и др.] Неметаллы юга России: основные горнопромышленные узлы и пути их развития // Материалы научно-практической конференции «Состояние минерально-сырьевой базы юга России и перспективы ее развития». – Ростов-на-Дону, 2009. – С. 33–42.
3. Аксенов Е. М., Васильев Н. Г., Лыгина Т. З., Садыков Р. К. Роль, значение и основные направления развития минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых в современных экономических условиях // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 9. – С. 95–98.
4. Аксенов Е. М., Вертий С. Н., Беляев Е. В. Основные направления и первоочередные объекты изучения и освоения нерудного сырья Северного Кавказа // Сборник VI Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» / Под ред. И. А. Керимова, В. Б. Заалишвили, В. И. Черкашина. – М. : ИИЕТ, 2017. – Т. VII. Ч. 1. – С. 12–20.
5. Антонов В. А., Беляев Е. В. Минерально-сырьевой потенциал нерудных полезных ископаемых и перспективы его использования для восстановления и развития экономики Республики Южная Осетия // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 1. – С. 28–34.
6. Антонов В. А., Беляев Е. В. Перспективы использования МСБ нерудных полезных ископаемых для развития экономики Республики Абхазия // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 3. – С. 33–40.
7. Антонов В. А., Беляев Е. В. Перспективы развития и освоения минерально-сырьевых потенциалов нерудных полезных ископаемых Тырнаузского рудного района // Сборник X Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» / Под ред. И. А. Керимова. – Грозный : АН ЧР, 2017. – Т. X. Ч. 1 – С. 7–19.
8. Антонов В. А., Беляев Е. В., Черкашин В. И. Минерагения Республики Дагестан как основа прогнозной оценки на нерудные полезные ископаемые // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. – М. : ИИЕТ, 2017. – Т. VII. Ч. 1. – С. 21–33.
9. Беляев Е. В. Минерагеническое районирование Северного Кавказа на неметаллы // Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». – Ессентуки, 2016. – С. 35–41.
10. Беляев Е. В. Неметаллические полезные ископаемые Северного Кавказа // Минеральные ресурсы России. – 2020. – № 4–5. – С. 23–37.
11. Беляев Е. В. Нерудные полезные ископаемые Северного Кавказа: основные горнопромышленные районы и узлы // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 5. – С. 15–20.
12. Беляев Е. В., Антонов В. А., Лузин В. П. [и др.] Инновационные пути развития и освоения минерально-сырьевой базы нерудных полезных ископаемых Северного Кавказа // Отечественная геология. – 2009. – № 3. – С. 8–14.
13. Беляев Е. В., Антонов В. А., Лыгина Т. З. [и др.] Стратегия изучения, развития и освоения минерально-сырьевой базы твердых неметаллических полезных ископаемых Северного Кавказа // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 9. – С. 18–31.
14. Беляев Е. В., Антонов В. А., Полянин В. С. [и др.] Новые виды минерального сырья Северного Кавказа // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2016. – № 6. – С. 15–21.
15. Беляев Е. В., Антонов В. А., Сенаторов П. П. Минерально-сырьевой потенциал нерудных полезных ископаемых Северо-Кавказского федерального округа // Минеральные ресурсы России – № 5. – 2012. – С. 9–18.
16. Беляев Е. В., Висмурадов А. В. Неметаллические полезные ископаемые как основа развития и укрепления строительной индустрии Чеченской Республики // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 1. – С. 29–35.

17. *Беляев Е. В., Корнилов А. В.* Инновационные технологии обогащения и переработки нерудного сырья Северного Кавказа для получения новых видов промышленной продукции // Сборник VI Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» / Под ред. И. А. Керимова, В. Б. Заалишвили, В. И. Черкашина. – Грозный : АН ЧР, 2017. – Т. VII. Ч. 1. – С. 339–349.
18. *Беляев Е. В., Лыгина Т. З., Корнилов А. В.* Геолого-технологическая оценка минерально-сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых Северного Кавказа // Материалы Международной научно-практической конференции «Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений». 9–13 ноября 2015 г. – Казань : ЗАО «Издательский дом “Казанская недвижимость”», 2015. – С. 80–82.
19. *Беляев Е. В., Чайкин В. Г., Баталин Ю. В.* [и др.] Научно-методическое и аналитико-технологическое обеспечение геологоразведочных работ на нерудные полезные ископаемые Южного федерального округа // Отечественная геология. – 2006. – № 4. – С. 71–75.
20. *Беляев Е. В., Шиляев А. И.* Магматические и метаморфические породы Северного Кавказа как источник минерального сырья для производства базальтового волокна // Черная металлургия. – 2018. – Вып. 4. – С. 90–94.
21. *Беляев Е. В., Антонов В. А., Распопов Ю. В.* [и др.] Минерально-сырьевая база неметаллических твердых полезных ископаемых Южного федерального округа // Минеральные ресурсы России. – 2009. – № 4. – С. 7–15.
22. *Битаров В. Т., Мирошников К. Е., Туаев О. П., Беляев Е. В., Непряхин А. Е., Корчагин А. Г.* Высококачественное кварцевое сырье – новый перспективный вид нерудного сырья Республики Северная Осетия-Алания // Материалы Международной научно-практической конференции «Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений». 9–13 ноября 2015 г. – Казань : ЗАО «Издательский дом “Казанская недвижимость”», 2015. – С. 86–89.
23. *Васильев Н. Г.* Минерально-сырьевая база неметаллов России и роль ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» в её формировании // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 9. – С. 10–18.
24. *Вертий С. Н., Абайханов У. И., Беляев Е. В., Висмурадов А. В., Емкужев А. С., Кориневич Л. А., Мисетов А. В., Юсуфов Р. Д., Яндиева З. И.* Основные положения программы изучения, развития и освоения минерально-сырьевой базы неметаллов Северного Кавказа // Материалы Международной научно-практической конференции «Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений». 9–13 ноября 2015 г. – Казань : ЗАО «Издательский дом “Казанская недвижимость”», 2015. – С. 98–100.
25. *Емкужев А. С., Беляев Е. В.* Неметаллические полезные ископаемые – основа дальнейшего развития экономики Кабардино-Балкарской Республики // Материалы Международной научно-практической конференции «Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений». 9–13 ноября 2015 г. – Казань : ЗАО «Издательский дом “Казанская недвижимость”», 2015. – С. 126–128.
26. *Закирова Ф. А., Антонов В. А., Беляев Е. В.* [и др.] Минералогия Южного федерального округа // Отечественная геология. – 2009. – № 6. – С. 17–27.
27. *Керимов И. А., Висмурадов А. В., Беляев Е. В.* Комплексный атлас неметаллических полезных ископаемых Чеченской Республики: Концепция создания // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2018. – Т. 3, № 1 (9). – С. 12–23.
28. *Курбанов М. М., Беляев Е. В.* Южно-Дагестанский горно-промышленный район: рудоносность и перспективы освоения // Минеральные ресурсы России. – 2018. – № 6. – С. 17–25.
29. *Минерагеническая карта СССР. Фосфатное сырье. Масштаб 1:2 500 000 / В. Л. Аничкин [и др.]; гл. ред. А. С. Зверев. – Л. : Мингео СССР, ВСЕГЕИ, 1984. – 16 л.*
30. *Минерагеническая карта СССР. Фосфатное сырье. Масштаб 1:2 500 000. Объяснительная записка. – Л. : Мингео СССР, ВСЕГЕИ, 1985. – 125 с.*
31. *Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики. Коллективная Монография / Под ред. И. А. Керимова, Е. М. Аксенова – Грозный : Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский Рабочий», 2015. – 512 с.*
32. *Чайкин В. Г., Антонов В. А., Гарнян Р. Г.* Минерагения мезо-кайнозой Кавказа (нематаллы). – М. : ВИЭМС, 1984. – 41 с.
33. *Чайкин В. Г., Баталин Ю. В., Антонов В. А.* [и др.] Прогнозная оценка содоносности эрозионно-тектонических котловин Северного Кавказа. – Вып. 4. – М. : ВИЭМС, 1987. – 7 с.

REFERENCES

1. *Abaykhanov U. I., Belyayev Ye. V., Omelchenko V. L.* Minerageniya nemetallov Karachayevno-Cherkesskoy Respubliki [Minerageny of non-metals of the Karachay-Cherkess Republic]. Sbornik VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza”. Ed. I. A. Kerimova, V. B. Zaalishvili, V. I. Cherkashina. Groznyy, AN CHR publ., 2017, V. VI, P. 7–14. (In Russ.)
2. *Aksenov Ye. M., Belyayev Ye. V., Senatorov P. P. et al.* Nemetally yuga Rossii: osnovnyye gornopromyshlennyye uzly i puti ikh razvitiya [Non-metals of the south of Russia: the main mining units and ways of their development]. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii Sostoyaniye mineralno-syryevoy bazy yuga Rossii i perspektivy yeye razvitiya, Rostov-na-Donu, 2009, P. 33–42. (In Russ.)

3. *Aksenov Ye. M., Vasilyev N. G., Lygina T. Z., Sadykov R. K.* Rol, znachenie i osnovnyye napravleniya razvitiya mineralno-syryevoy bazy nemetallicheskih poleznykh iskopayemykh v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh [Role, significance and main directions of development of the mineral resource base of non-metallic minerals in modern economic conditions]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2012, No. 9, P. 95–98. (In Russ.)
4. *Aksenov Ye. M., Vertiy S. N., Belyayev Ye. V.* Osnovnyye napravleniya i pervoocherednyye obyekty izucheniya i osvoyeniya nerudnogo syrya Severnogo Kavkaza [The main directions and priority objects of study and development of non-metallic raw materials of the North Caucasus]. *Sbornik VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza*, Ed. I. A. Kerimova, V. B. Zaalishvili, V. I. Cherkashina, Moscow, IYET publ., 2017, V. VII, Pt. 1, P. 12–20. (In Russ.)
5. *Antonov V. A., Belyayev Ye. V.* Mineralno-syryevoy potentsial nerudnykh poleznykh iskopayemykh i perspektivy yego ispolzovaniya dlya vosstanovleniya i razvitiya ekonomiki Respubliki Yuzhnaya Osetiya [Mineral and raw material potential of non-metallic minerals and prospects for its use for the recovery and development of the economy of the Republic of South Ossetia]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2011, No. 1, P. 28–34. (In Russ.)
6. *Antonov V. A., Belyayev Ye. V.* Perspektivy ispolzovaniya MSB nerudnykh poleznykh iskopayemykh dlya razvitiya ekonomiki Respubliki Abkhaziya [Prospects for the use of non-metallic minerals by SMEs for the development of the economy of the Republic of Abkhazia]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2012, No. 3, P. 33–40. (In Russ.)
7. *Antonov V. A., Belyayev Ye. V.* Perspektivy razvitiya i osvoyeniya mineralno-syryevogo potentsiala nerudnykh poleznykh iskopayemykh Tyrnyauzskogo rudnogo rayona [Prospects for the development and development of the mineral resource potential of non-metallic minerals in the Tyrnyauz ore region]. *Sbornik X Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza*. Ed. I. A. Kerimova, Groznyy, AN CHR publ., 2017, V. X, Pt. 1, P. 7–19. (In Russ.)
8. *Antonov V. A., Belyayev Ye. V., Cherkashin V. I.* Minerageniya Respubliki Dagestan kak osnova prognoznoy otsenki na nerudnyye poleznyye iskopayemye [Minerageny of the Republic of Dagestan as a basis for predictive assessment of non-metallic minerals]. *Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza*, Moscow, IYET publ., 2017, V. VII, Pt. 1, P. 21–33. (In Russ.)
9. *Belyayev Ye. V.* Mineragenicheskoye rayonirovaniye Severnogo Kavkaza na nemetally [Mineragenic zoning of the North Caucasus for non-metals]. *Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza*, Yessentuki, 2016, P. 35–41. (In Russ.)
10. *Belyayev Ye. V.* Nemetallicheskiye poleznyye iskopayemye Severnogo Kavkaza [Non-metallic minerals of the North Caucasus]. *Mineralnyye resursy Rossii*, 2020, No. 4–5, P. 23–37. (In Russ.)
11. *Belyayev Ye. V.* Nerudnyye poleznyye iskopayemye Severnogo Kavkaza: osnovnyye gornopromyshlennyye rayony i uzly [Non-metallic minerals of the North Caucasus: the main mining areas and nodes]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2012, No. 5, P. 15–20. (In Russ.)
12. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A., Luzin V. P. [et al.]* Innovatsionnyye puti razvitiya i osvoyeniya mineralno-syryevoy bazy nerudnykh poleznykh iskopayemykh Severnogo Kavkaza [Innovative ways of development and development of the mineral resource base of non-metallic minerals of the North Caucasus]. *Otechestvennaya geologiya*, 2009, No. 3, P. 8–14. (In Russ.)
13. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A., Lygina T. Z. [et al.]* Strategiya izucheniya, razvitiya i osvoyeniya mineralno-syryevoy bazy tverdykh nemetallicheskih poleznykh iskopayemykh Severnogo Kavkaza [Strategy for the study, development and development of the mineral resource base of solid non-metallic minerals of the North Caucasus]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2015, No. 9, P. 18–31. (In Russ.)
14. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A., Polyinin V. S. [et al.]* Novyye vidy mineralnogo syrya Severnogo Kavkaza [New types of mineral raw materials of the North Caucasus]. *Mineralnyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*, 2016, No. 6, P. 15–21. (In Russ.)
15. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A., Senatorov P. P.* Mineralno-syryevoy potentsial nerudnykh poleznykh iskopayemykh Severo-Kavkazskogo federalnogo okruga [Mineral and raw materials potential of non-metallic minerals of the North Caucasian Federal District]. *Mineralnyye resursy Rossii*, No. 5, 2012, P. 9–18. (In Russ.)
16. *Belyayev Ye. V., Vismuradov A. V.* Nemetallicheskiye poleznyye iskopayemye kak osnova razvitiya i ukrepleniya stroitelnoy industrii Chechenskoj Respubliki [Non-metallic minerals as a basis for the development and strengthening of the construction industry of the Chechen Republic]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2012, No. 1, P. 29–35. (In Russ.)
17. *Belyayev Ye. V., Kornilov A. V.* Innovatsionnyye tekhnologii obogashcheniya i pererabotki nerudnogo syrya Severnogo Kavkaza dlya polucheniya novykh vidov promyshlennoy produktsii [Innovative technologies for enrichment and processing of non-metallic raw materials of the North Caucasus to obtain new types of industrial products]. *Sbornik VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza*. Ed. I. A. Kerimova, V. B. Zaalishvili, V. I. Cherkashina, Groznyy, AN CHR publ., 2017, V. VII, Pt. 1, P. 339–349. (In Russ.)
18. *Belyayev Ye. V., Lygina T. Z., Kornilov A. V.* Geologotekhnologicheskaya otsenka mineralno-syryevoy bazy nemetallicheskih poleznykh iskopayemykh Severnogo Kavkaza [Geological and technological assessment of the mineral resource base of non-metallic minerals of the North Caucasus]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Promyshlennyye mineraly: problemy prognoza, poiskov, otsenki i innovatsionnyye*

- tehnologii osvoyeniya mestorozhdeniy. 9–13 noyabrya 2015, Kazan, Izdatelskiy dom “Kazanskaya nedvizhimost” publ., 2015, P. 80–82. (In Russ.)
19. *Belyayev Ye. V., Chaykin V. G., Batalin Yu. V. [et al.]*. Nauchno-metodicheskoye i analitiko-tehnologicheskoye obespecheniye geologorazvedochnykh rabot na nerudnyye poleznyye iskopayemyye Yuzhnogo federalnogo okruga [Scientific-methodical and analytical-technological support of geological exploration for non-metallic minerals of the Southern Federal District]. *Otechestvennaya geologiya*, 2006, No. 4, P. 71–75. (In Russ.)
 20. *Belyayev Ye. V., Shilyayev A. I.* Magmaticheskiye i metamorficheskiye porody Severnogo Kavkaza kak istochnik mineralnogo syr'ya dlya proizvodstva bazaltovogo volokna [Igneous and metamorphic rocks of the North Caucasus as a source of mineral raw materials for the production of basalt fiber]. *Chernaya metallurgiya*, 2018, Is. 4, P. 90–94. (In Russ.)
 21. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A., Raspopov Yu. V. [et al.]*. Mineralno-syryevaya baza nemetallicheskih tverdykh poleznykh iskopayemykh Yuzhnogo federalnogo okruga [Mineral resource base of non-metallic solid minerals of the Southern Federal District]. *Mineralnyye resursy Rossii*, 2009, No. 4, P. 7–15. (In Russ.)
 22. *Bitarov V. T., Miroshnikov K. Ye., Tuayev O. P., Belyayev Ye. V., Nepryakhin A. Ye., Korchagin A. G.* Vysokokachestvennoye kvartsevoe syr'ye – novyy perspektivnyy vid nerudnogo syr'ya Respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya [High-quality quartz raw materials – a new promising type of non-metallic raw materials of the Republic of North Ossetia-Alania]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Promyshlennyye mineraly: problemy prognoza, poiskov, otsenki i innovatsionnyye tekhnologii osvoyeniya mestorozhdeniy. 9–13 noyabrya 2015, Kazan, Izdatelskiy dom “Kazanskaya nedvizhimost” publ., 2015, P. 86–89. (In Russ.)*
 23. *Vasilyev N. G.* Mineralno-syryevaya baza nemetallov Rossii i rol FGUP TSNIIGeolnerud v yeyo formirovaniy i rol FGUP TSNIIGeolnerud v yeyo formirovaniy i rol FGUP TSNIIGeolnerud in its formation]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2015, No. 9, P. 10–18. (In Russ.)
 24. *Vertiy S. N., Abaykhanov U. I., Belyayev Ye. V., Vismuradov A. V., Yemkuzhev A. S., Korinevich L. A., Misetov A. V., Yusufov R. D., Yandiyeva Z. I.* Osnovnyye polozheniya programmy izucheniya, razvitiya i osvoyeniya mineralno-syryevoy bazy nemetallov Severnogo Kavkaza [The main provisions of the program for the study, development and development of the mineral resource base of non-metals of the North Caucasus]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Promyshlennyye mineraly: problemy prognoza, poiskov, otsenki i innovatsionnyye tekhnologii osvoyeniya mestorozhdeniy. 9–13 noyabrya 2015, Kazan, Izdatelskiy dom “Kazanskaya nedvizhimost” publ., 2015, P. 98–100. (In Russ.)*
 25. *Yemkuzhev A. S., Belyayev Ye. V.* Nemetallicheskiye poleznyye iskopayemyye – osnova dalneyshego razvitiya ekonomiki Kabardino-Balkarskoy Respubliki [Non-metallic minerals – the basis for further development of the economy of the Kabardino-Balkarian Republic]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Promyshlennyye mineraly: problemy prognoza, poiskov, otsenki i innovatsionnyye tekhnologii osvoyeniya mestorozhdeniy. 9–13 noyabrya 2015, Kazan, Izdatelskiy dom “Kazanskaya nedvizhimost” publ., 2015, P. 126–128. (In Russ.)*
 26. *Zakirova F. A., Antonov V. A., Belyayev Ye. V. [et al.]*. Minerageniya Yuzhnogo federalnogo okruga [Minerageny of the Southern Federal District]. *Otechestvennaya geologiya*, 2009, No. 6, P. 17–27. (In Russ.)
 27. *Kerimov I. A., Vismuradov A. V., Belyayev Ye. V.* Kompleksnyy atlas nemetallicheskih poleznykh iskopayemykh Chechenskoy Respubliki: Kontseptsiya sozdaniya [Comprehensive atlas of non-metallic minerals of the Chechen Republic: The concept of creation]. *Groznenskiy yestestvennonauchnyy byulleten*, 2018, V. 3, No. 1 (9), P. 12–23. (In Russ.)
 28. *Kurbanov M. M., Belyayev Ye. V.* Yuzhno-Dagestanskiy gorno-promyshlennyy rayon: rudonosnost i perspektivy osvoyeniya [South-Dagestan mining and industrial region: ore content and development prospects]. *Mineralnyye resursy Rossii*, 2018, No. 6, P. 17–25. (In Russ.)
 29. *Mineragenicheskaya karta SSSR. Fosfatnoye syr'ye. Mashtab 1:2 500 000* [Mineragenic map of the USSR. Phosphate raw materials. Scale 1:2,500,000]. Ed. V. L. Anichkin, A. S. Zverev et al. Leningrad, Mingeo SSSR, VSEGEI publ., 1984, 16 p. (In Russ.)
 30. *Mineragenicheskaya karta SSSR. Fosfatnoye syr'ye. Mashtab 1:2 500 000. Obyasnitelnaya zapiska* [Mineragenic map of the USSR. Phosphate raw materials. Scale 1:2 500 000. Explanatory note]. Leningrad Mingeo SSSR, VSEGEI publ., 1985, 125 p. (In Russ.)
 31. *Mineralno-syryevyye resursy Chechenskoy Respubliki. Kollektivnaya Monografiya* [Mineral resources of the Chechen Republic. Collective Monograph]. Ed. Kerimov I. A., Aksenov Ye. M., Groznyy, Groznenskiy Rabochiy publ., 2015, 512 p. (In Russ.)
 32. *Chaykin V. G., Antonov V. A., Garnyan R. G.* Minerageniya mezo-kaynozoya Kavkaza (nemetally) [Minerageny of the Meso-Cenozoic Caucasus (non-metals)]. Moscow, VIEMS publ., 1984, 41 p. (In Russ.)
 33. *Chaykin V. G., Batalin Yu. V., Antonov V. A. [et al.]*. Prognoznaya otsenka sodonosnosti erozionno-tektonicheskikh kotlov in Severnogo Kavkaza [Predictive assessment of the water content of erosion-tectonic basins in the North Caucasus]. Is. 4, Moscow, VIEMS publ, 1987, 7 p. (In Russ.)

«Геолог первым прикасается к тайне золота». К 90-летию со дня рождения В. А. Нарсеева

5 февраля 2022 года исполнилось 90 лет со дня рождения крупного исследователя месторождений золота, специалиста в области прогноза, поисков и оценки месторождений редких и благородных металлов, доктора геолого-минералогических наук В. А. Нарсеева. В статье освещены этапы работы этого учёного и организатора науки, внесшего значительный вклад в развитие минерально-сырьевой базы редких и благородных металлов Казахстана, России, других стран, которые входили в состав СССР; сделан акцент на значении проведённых под руководством В. А. Нарсеева исследований золоторудных месторождений.

Ключевые слова: Нарсеев В. А., золоторудные месторождения, месторождение Бакырчик, прогнозно-металлогенические исследования, геохимия редких элементов, геохимия золота, синергетика, ЦНИГРИ, КазИМС, КазГМИ.

ЛЕТНИКОВ ФЕЛИКС АРТЕМЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, главный научный сотрудник¹

ЛОСЬ ВЛАДИМИР ЛЬВОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник², v_los@mail.ru

КАЛИНИЧЕНКО ЛЮДМИЛА СТЕПАНОВНА, кандидат геолого-минералогических наук

КОЗЛЯНИНОВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ

МОРГУНОВА ТАТЬЯНА ВИКТОРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук

СИДОРОВА ЕВГЕНИЯ ВИКТОРОВНА, кандидат биологических наук, научный сотрудник³, sidorova@tsnigri.ru

¹ Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), г. Иркутск

² Общественное объединение «Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан» (АМР РК), г. Алматы

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

«Geologist is the first to touch the secret of gold». On the 90th anniversary of the birth of V. A. Narseev

F. A. LETNIKOV¹, V. L. LOS², L. S. KALINICHENKO, D. M. KOZLYANINOV, T. V. MORGUNOVA, E. V. SIDOROVA³

¹ Institute of the Earth's Crust of the Siberian Branch of the RAS, Irkutsk

² Public Association "Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan" (AMR RK), Almaty

³ Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals (FSBI TsNIGRI), Moscow

February 5, 2022 marks the 90th anniversary of the birth of the Doctor of Geological and Mineralogical Sciences V. A. Narseev – the prominent researcher of gold deposits, the specialist in the field of exploration, prospecting and evaluation of deposits of rare and precious metals. The article highlights his work stages as a scientist and organizer of science, who made a significant contribution to the development of the mineral resource base of rare and precious metals in Kazakhstan, Russia, and other countries that were part of the former USSR. The emphasis is placed on the significance of the studies of gold deposits carried out under the leadership of V. A. Narseev.

Key words: V. A. Narseev, gold deposits, Bakyrchik deposit, predictive metallogenic studies, geochemistry of rare elements, geochemistry of gold, synergy, TsNIGRI, KazIMS, KazGMI.

«*Auri sacra fames – ... эта «жажда» заставляет поисковика и разведчика-геолога напрягать все свои силы, использовать знания, опыт, чутьё при поисках золота – металла, природа которого тонка, сложна и разнообразна...»* [21] – так образно об увлекательной своей работе написал Валерий Александрович Нарсеев (1932–2018), доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН, Почётный разведчик недр, лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники. Ему довелось вести поиски и разведку оловянно-вольфрамовых и танталовых месторождений Казахстана, заниматься прогнозно-металлогеническими исследованиями редкометалльных пегматитов и апогранитов, но главным делом жизни стало изучение золоторудных месторождений. С именем Валерия Александровича Нарсеева связаны значительные научные работы в области геологии, геохимии и металлогении золота, опубликованные в 1970–2010-е годы [9, 10, 25, 28–30 и др.]. Одновременно раскрылся его талант организатора науки: в историю двух крупных научных учреждений –



Исследователь золоторудных месторождений, лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники, директор ЦНИГРИ в 1980–1988 гг., доктор геолого-минералогических наук Валерий Александрович Нарсеев



Памятная фотография выпускника КазГМИИ Валерия Нарсеева



В. А. Нарсеев с однокурсником из КазГМИ. Казахстан. 1950-е годы

Казахского научно-исследовательского института минерального сырья (Алма-Ата) и Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов (Москва) – В. А. Нарсеев вошёл как высокопрофессиональный и энергичный руководитель, способствовавший расширению исследований, росту творческого потенциала коллектива и повышению престижа этих организаций.

Герой настоящей статьи многогранен: в нём сочетались аналитический ум естествоиспытателя и литературный талант, энергия лидера и тонкий художественный вкус. Авторы, лично знавшие Валерия Александровича Нарсеева, с большой благодарностью вспоминают годы совместной с ним работы. Сегодня, анализируя материалы геологических фондов и обращаясь к опубликованным научным трудам Валерия Александровича, мы можем оценить его вклад в развитие исследований рудных месторождений. Помимо солидного научного наследия он оставил ряд рассказов и очерков, которые сегодня помогают восстановить линию его жизни¹.

¹ Авторы приводят цитаты из автобиографической книги В. А. Нарсеева «Костров погасших дым», используют в структуре статьи придуманные им заглавия.

В. А. Нарсеев – выпускник Казахского горно-металлургического института (КазГМИ), готовившего специалистов для предприятий цветной металлургии республики. На геологоразведочном факультете КазГМИ преподавали профессора И. И. Бок, Е. Д. Шлыгин, Н. Г. Сергиев, Г. Л. Кушев, В. П. Гуцевич (декан факультета) и другие блестящие специалисты Геолкома, Ленинградского Горного института и Ленинградского университета, многие из них жили в Алма-Ате как «спецпоселенцы». *«Сплав теоретических знаний, которые давала профессура, передовых практических приёмов и способов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых доцентов и старшего преподавательского коллектива, создавал мощный фундамент практической работы выпускников КазГМИ. Не менее важно и то, что усилиями коллектива преподавателей нам, студентам, прививалось чувство геологического братства, гордости за “альма-матер”.* Важное место в формировании специалистов занимали производственные практики», – писал Валерий Александрович о времени становления в профессии славного поколения советских геологов, окончивших КазГМИ, ныне Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева. По окончании вуза молодой специалист Валерий Нарсеев был принят на работу в трест «Алтайцветметразведка» Министерства цветной металлургии СССР и в 1955 году начал трудиться в Таргынской поисковой экспедиции.

Таргынская эпопея

«... Я сознательно выбрал для места работы Алтай. Изумительная природа и геология, звонкие имена первопроходцев и первооткрывателей, любимые редкие металлы – всё это однозначно определило выбор. Я прочитал всю доступную литературу по Алтаю, и это только укрепило моё решение. Едем. Едем. Едем».

Мемуары В. А. Нарсеева позволяют лучше понять обстановку, в которой развернулись поисковые работы на заре «золотого века» советской геологии. В конце 1950-х годов тресты «Цветметразведка» изучали в основном эксплуатируемые месторождения Казахстана и Средней Азии, значительно меньшее внимание уделялось поискам новых рудных объектов. Проводимые под эгидой Министерства геологии СССР общегеологические исследования территорий также не давали импульса к развитию сырьевой базы цветной и редкометалльной промышленности. И после образования территориальных геологических управлений пришлось констатировать факт: возник дефицит опоскованных площадей. Требовалось в короткие сроки решить проблему. Для Восточно-Казахстанского геологического управления (ВКГУ) одним из важнейших объектов стал Белогорский



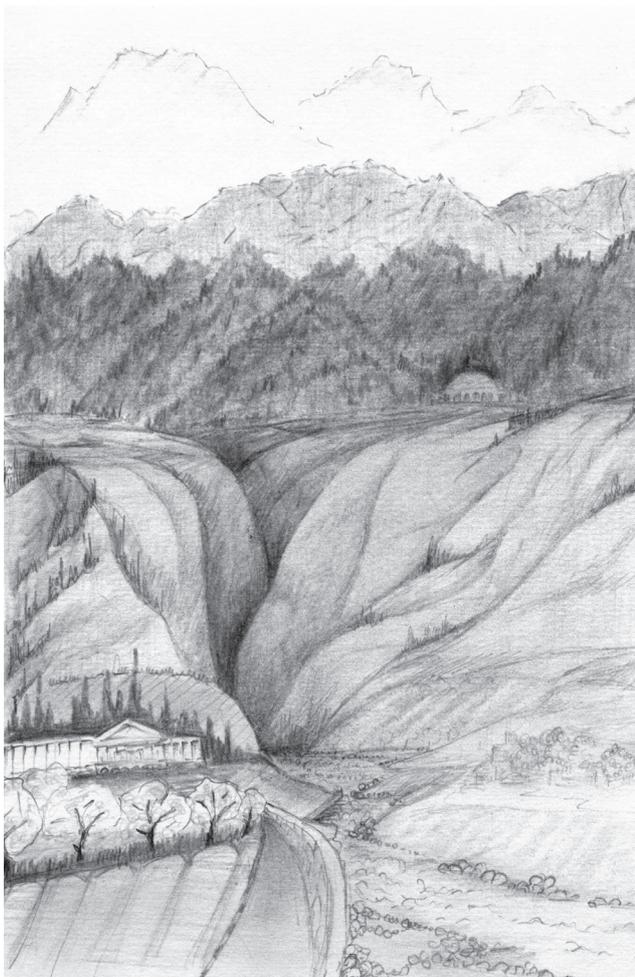
В. А. Нарсеев на полевой практике. Казахстан. Начало 1950-х годов

комбинат – единственное предприятие, поставявшее танталовый концентрат Ульяновскому металлургическому заводу Министерства среднего машиностроения СССР. Для восполнения сырьевой базы комбината и была создана поисковая экспедиция с базой в поселке Таргын, явившаяся для Валерия Александровича началом пути в профессии. Она объединила ряд геологических партий и почти легендарную в то время экспедицию № 5 Треста № 1, которую до этого на протяжении ряда лет возглавлял крупнейший казахстанский геолог Ж. А. Айталиев, соратник К. И. Сатпаева.

Задачей вновь назначенного начальника Таргынской экспедиции В. А. Нарсеева стала организация поисков месторождений тантала, а также россыпей ильменита для вновь построенного титано-магнетитового комбината. *«Я стоял на перевале, прислонившись к борту старой полуторки, и смотрел вниз. Был апрель, мелкая морось, пар от земли, словом, все те признаки природы, которые заставляют чаще биться сердце геолога – сезон начался. Внизу в долине лежал Таргын...»*

Валерий Александрович сумел наладить работу коллектива, между ним и начальниками геологичес-

ких партий установились доверительные отношения, что способствовало интенсивным поискам. На В. А. Нарсеева лежали заботы об организации бурения, аналитических исследованиях, написании отчетов. Одновременно требовалось контролировать строительство домов для сотрудников. Экспедиция была на хорошем счету, но её техническая оснащённость оставляла желать лучшего, поскольку поисковые работы по-прежнему финансировались по остаточному принципу, и это снижало их эффективность. В СССР начиналась эпоха оттепели 1956–1968 гг., 27-летний Валерий Александрович, как многие его молодые коллеги, был готов открыто обсуждать узкие места в текущей работе, стремился к переменам, и он эмоционально выступил на партхозактиве ВКГУ, проводившемся по итогам 1958 года: *«... Я выкладывал свои соображения по поводу полученных цифр. Приросты из года в год делаются на одних и тех же объектах, на больших глубинах. Это – замораживание средств, а не актуальная работа. За прошедшие годы не выявлено ни одного сколько-нибудь значительного месторождения в Рудном Алтае, нет поискового задела. Председательствующий встал и твёрдо сказал: «Регламент». «Дать ему время, –*



«Гранитные скалы различных форм и высоты издали, действительно, напоминают купола собора или монастыря...». Рисунок В. А. Нарсеева

завыл зал. – Дать!» Дали. Через 10 минут всё было кончено. Вернее, со мной было кончено. Зал обвалился аплодисментами, полезли выступать те, кто обычно выступал в коридорах и на кухне...»

Надо сказать, что принципу открыто добиваться важных целей для пользы общего дела Валерий Александрович не изменял всю жизнь.

В дальнейшем В. А. Нарсеев несколько лет работал старшим геологом Семипалатинской геологоразведочной экспедиции, отрабатывая площади, приграничные к крупнейшему в стране испытательному ядерному полигону. Однако, имея явную склонность к научной работе, он мечтал о переходе в Казахский научно-исследовательский институт минерального сырья (КазИМС). В декабре 1960 года эта мечта Валерия Александровича исполнилась: он был принят на должность

старшего инженера отдела редких металлов КазИМСа. Начался новый, интереснейший этап его жизни.

КазИМС – рай для энтузиастов

В коллективе отдела редких и рассеянных элементов работали в основном молодые геологи, не старше 32 лет. Руководитель Юрий Александрович Садовский – «человек изумительно острого ума, веселого и язвительного языка и тракторной работоспособности», исследователь крупнейшего Бакенного месторождения тантала, обладавший значительным опытом геологоразведочных работ, внимательно относился к развитию научных тем своих сотрудников и одновременно вёл договоры с ГРЭ. Под его началом коллеги занимались полевой геологией, повышали свою эрудицию в области геохимии редких элементов. В числе самых перспективных исследователей были А. Н. Бугаец, В. Г. Боголепов, Ф. А. Летников и В. А. Нарсеев. В те годы завязалась дружба Валерия Александровича Нарсеева и Феликса Артемьевича Летникова, которая для обоих стала настоящим подарком судьбы. *«Я всегда ждал встречи с человеком, которому не надо было ничего объяснять, – признавался Валерий Александрович, – ... Мы познакомились... и вместе занялись проблемой “апогранитов”».* Они работали в экспедициях на месторождениях Казахстана, Забайкалья, вместе представляли КазИМС на научных совещаниях. Так, на Втором Всесоюзном вулканологическом совещании, состоявшемся в 1964 г. в Петропавловске-Камчатском, темой сообщения Ф. А. Летникова стали «Некоторые вопросы термодинамики магматических процессов», а В. А. Нарсеев выступил с докладом «Спонтанная полимеризация и её роль в вулканическом процессе»² [23] (*«болел” полимеризацией, сорбцией и другими химическими болезнями, Феликс – термодинамическими равновесиями в применении к геологическим процессам»*). В том же году вышла одна из ранних его статей в сборнике «Палеовулканические реконструкции, лавы и руды древних вулканов» [18].

Нарсеев и Летников увлеклись научной фантастикой – жанром, созвучным их собственным исканиям нестандартных решений сложных задач. Чтение литературы было важной частью жизни Валерия Александровича: *«Вальтер Скотт, Майн Рид, Джек Лондон, Джон Голсуорси, Марк Твен, Жюль Верн, Ги де Мопассан, Оноре де Бальзак также были моими любимыми писателями. Прозу я любил больше, чем стихи. Из поэтов первым для меня был и остаётся Александр Сергеевич Пушкин...»* Жизнь кипела ключом:

² Публикация материалов ряда упомянутых в статье конференций состоялась позже дат проведения конференций.

горячие споры по проблематике исследований, дружеские встречи на футбольных матчах (Нарсеев создал в КазИМСе футбольную команду, которую сам же тренировал), знакомство с джазовой музыкой. Но в центре оставалась наука: *«Насытившись теоретическими, порой отрывочными, хотя и важными, сведениями мы поняли – надо заняться реальной полевой геологией и геохимией редких элементов».*

Отдел Ю. А. Садовского занимался всеми проблемами редкометалльной геологии Казахстана: изучали потенциал месторождений тантала, бериллия, редкоземельных элементов, вольфрама. В. А. Нарсеев и А. Н. Бугаец опубликовали ряд статей о распределении редких металлов в гранитных массивах Казахстана [5, 6 и др.], используя методы математической геологии. Итоги исследований начала 1960-х годов Валерий Александрович подвёл, защитив кандидатскую диссертацию «Геохимические особенности метасоматически изменённых гранитоидов Жарминской зоны (Восточный Казахстан)» (1966). В работе были, в частности, представлены результаты изучения геохимии тантала, ниобия, циркония, редкоземельных элементов, урана – такой круг элементов определялся металлогеническими особенностями района исследований [15]. Эта работа Нарсеева вызвала в КазИМСе большой интерес коллег. Молодёжь тянулась к нему, а геологам старшего поколения института было очевидно: появился человек, который продолжит их дело.

Осенью 1965 года В. А. Нарсееву поручили организовать в КазИМСе лабораторию геологии благородных металлов: *«начиналась большая работа по золоту Казахстана, работа по важной, трудной и запущенной проблеме...»* Первыми объектами исследований созданного Валерием Александровичем коллектива стали месторождения Бакырчик, Маралиха, Бестюбе, Жолымбет, Аксу, Кварцитовые Горки, Арахарлы, Юбилейное. За два года сложился стиль работы и был выработан план дальнейшего развития изысканий. Результаты начального периода деятельности лаборатории, переросшей в отдел геологии благородных металлов, отчасти отражены в материалах Республиканского семинара по золоту, состоявшегося весной 1967 года в Алма-Ате по инициативе Министерств геологии СССР и КазССР при активном участии КазИМСа [8]. В. А. Нарсеев представил несколько докладов и был ответственным редактором итогового сборника, в котором значительное внимание уделено особенностям крупнейшего золоторудного месторождения Бакырчик, открытого в 1953 году.

Месторождением Бакырчик до работ КазИМСа, развёрнутых под началом В. А. Нарсеева, никто из серьёзных исследователей не занимался. Сегодня



Сотрудники отдела редких и рассеянных элементов КазИМС Аркадий Бугаец (на переднем плане), Феликс Летников, Валерий Нарсеев. 1970-е годы.

можно с уверенностью сказать: месторождение качественно разведано и в этом немалая заслуга Валерия Александровича. В настоящее время лицензия на его разработку приобретена компанией Polymetal International. Любое месторождение «рождается» постепенно: с момента его открытия до подсчёта запасов проходят годы. И весь этот путь В. А. Нарсеев прошёл вместе с объединёнными им творческими людьми, мудро руководил ими. В 1970-е годы автор настоящей статьи Ф. А. Летников, в то время уже научный сотрудник Института Земной коры СО РАН СССР, не раз взаимодействовал с исследовательской группой В. А. Нарсеева на месторождении Бакырчик. Спускались в шахту, работали, обсуждали научные проблемы. Сам Валерий Александрович так вспоминал этот период: *«Я к этому времени “болел” проблемой золотоносности чёрных сланцев <...> мне пришлось принять активное участие в золотом буме – открытии и разведке месторождений золота нового типа в так называемых чёрных сланцах – породах, богатых углеродом и совсем не похожих на традиционную золотую руду. Первая находка такого гиганта – Бакырчика в Восточном Казахстане – стимулировала серию блистательных открытий в Кызылкумах – Кокпатае, Даугыз, Мурунтау, в Ленинском районе Сибири – Сухой Лог, на Чукотке – Майское, в Якутии – Кючус. Месторождения-гиганты давали ежегодные огромные приросты запасов...»*



«Я сознательно выбрал для места работы Алтай». Рисунок В. А. Нарсеева

Затем было длительное изучение Васильковского комплексного месторождения в Кокчетавском районе Северного Казахстана.

В 1968 году на организованной в Томске II конференции по вопросам геологии, минералогии и генезиса месторождений золота В. А. Нарсеев и его соавторы представили обзорный доклад о геолого-промышленных типах золоторудных месторождений Казахстана – одной из крупнейших золотоносных провинций СССР [26]. К этому моменту анализ региональной металлогении золота позволил коллективу В. А. Нарсеева составить прогнозно-металлогенические карты на золото в масштабах 1:500 000 и 1:200 000 и выделить ряд золотоносных районов. В авторский коллектив упомянутого доклада входил и сотрудник Центрально-Казахстанского геологического управления: работа отдела геологии благородных металлов велась в тесной связи с производственными организациями Мингео КазССР и Минцветмета КазССР. Со временем сложилась организационная форма взаимодействия НИИ и ПГО – научно-производственная группа, одобренная Мингео СССР и внедрённая в ЦНИГРИ [3].

О широте научных задач отдела В. А. Нарсеева свидетельствует участие сотрудников в симпозиуме 1969 года в Новосибирске, посвящённом проблематике образования рудных столбов. Валерий Александрович и прежде занимался названной темой в связи с изучением редкометалльных гранитных пегматитов [32]. Теперь он опубликовал (в соавторстве) результаты анализа внутренней структуры областей минерализации на месторождениях разных металлов (меди, свинца, цинка, золота) [27].

В том же 1969 году на очередной конференции научно-технического горного общества КазИМСа В. А. Нарсеев впервые поставил вопрос о поисках в Казахстане месторождений тонкодисперсного золота типа Карлин [17].

В апреле 1973 г. В. А. Нарсеев представил на НТС Мингео КазССР сводный доклад по золоту [19], явившийся результатом проведённых на рубеже 1960–1970 годов совместных научно-исследовательских работ КазИМСа с ЦНИГРИ, МГУ, ИГН АН КазССР, а также тематических работ института с ТГУ МГ КазССР. Задачами комплексных исследований, которые курировал В. А. Нарсеев, были оценка перспектив золотоносности и изучение геологического строения, вещественного состава и геохимии руд месторождений золота Казахстана. Авторы доказали промышленную золотоносность районов, ранее оценивавшихся как малоперспективные, разработали рекомендации по методике разведки месторождений, предложили внедрить новые методы их поисков, в том числе использовать материалы космических и высотных съёмок. Совместные работы КазИМСа и ЦНИГРИ в дальнейшем продолжились, их лидерами стали В. А. Нарсеев и Н. А. Фогельман [33]. Валерий Александрович был знаком и плодотворно сотрудничал с рядом крупных исследователей рудных месторождений: А. И. Гинзбургом, В. С. Коптевым-Дворниковым, Л. Н. Овчинниковым, В. И. Смирновым, Н. И. Бородаевским, М. Б. Бородаевской, Г. Д. Ажгиреем, А. П. Солововым, Н. А. Фогельман, Э. М. Спиридоновым, И. Н. Кигаем, В. А. Буряком, Г. Л. Поспеловым, Ф. Н. Шаховым. Он писал: *«Общение с этими замечательными людьми, крупными учёными и специалистами в своём деле, прямо скажем, способствовали укреплению “имиджа” отдела и “поднимали боевой дух пехоты” в штурме крутых вершин геологии золота...»*

За десятилетие руководства В. А. Нарсеева отдел геологии благородных металлов КазИМСа осуществил ряд основополагающих работ. Помимо уже названных карт была составлена карта золотоносности Казахстана на формационной основе масштаба 1:1 000 000, карты прогноза (масштаб 1:200 000) по важнейшим золотоносным районам Казахстана –



Заведующий отделом благородных металлов КазИМС В. А. Нарсеев и его заместитель В. А. Глоба. Алма-Ата. Середина 1970-х годов

Калбинскому, Прибалхашскому, Каратаускому, Джунгарскому, карта россыпной золотоносности и прогноза Восточного Казахстана, изучены крупнейшие месторождения и новые рудные поля – Бестюбе, Бакырчик, Акбакай, Васильковка, Архарлы. В коллективе было защищено около десяти диссертаций, написаны сотни научных статей.

Новая эра в развитии КазИМСа

В 1975 году под редакцией нового директора КазИМСа Г. Р. Бекжанова вышел один из первых выпусков сборника «Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана», в котором исследователи проанализировали закономерности проявления процессов тектономагматической активизации и их роль в формировании золотого оруденения в регионе. В статье В. А. Нарсеева [4] впервые приведены данные о температурах образования золоторудных месторождений Казахстана, составе газов и маточных растворов, а также другие физико-химические параметры,

полученные прямыми или косвенными методами на месторождениях Бестюбе, Васильковка, Аймандай, Архарлы, Южный Кудер, Айлы. Вскоре Г. Р. Бекжанов предложил В. А. Нарсееву стать его заместителем по научной работе. Это было логичным продолжением всей предыдущей работы Валерия Александровича, который умел брать на себя решение сложных задач, хорошо руководить людьми: «Я не задумываясь и без колебаний согласился. Институт занимался более чем 20 видами полезных ископаемых! Разве это не удача окунуться во все эти проблемы!»

КазИМС в середине 1970-х был одним из ведущих союзных НИИ, занимавшихся изучением геологии чёрных и цветных металлов, и заместитель по научной работе должен был курировать в той или иной мере все направления. Геологические исследования по более чем 20 основным видам полезных ископаемых: меди, полиметаллам, благородным (золоту и серебру), а также редким металлам (вольфраму, молибдену, бериллию), танталу, титану, железу, хромитам, никелю, асбестам, стронцию, бору и др.

Одной из задач В. А. Нарсеева как администратора стала организация связи КазИМСа с институтами, подведомственными АН СССР, министерствам геологии, среднего машиностроения, республиканскому и союзному министерствам цветных металлов. Для налаживания такого взаимодействия он использовал площадки научных конференций, проходивших в разных регионах СССР. Развивалось плодотворное сотрудничество с сотрудниками ПГО.

Значительный вклад внесли сотрудники КазИМСа в исследование месторождений медно-порфировых руд, медистых песчаников, стратиформных месторождений свинца и цинка в карбонатных толщах. Изучали месторождения титана и вольфрама, в частности, были определены перспективы работ на глубоких горизонтах и флангах месторождения Акчатау в Центральном Казахстане. Мощно работал коллектив отдела бокситов: успехом увенчалась разведка Тургайских месторождений (сырьевой базы Павлодарского алюминиевого комбината). Важными направлениями работы КазИМСа были разработка технологий обогащения руд чёрных, цветных, редких металлов и аналитические исследования – неотъемлемая часть всех проектов института.

Валерию Александровичу удавалось совмещать огромную нагрузку административной работы с научными исследованиями. В этом отношении продолжался очень продуктивный период: *«Я много работал в поле, знакомился с месторождениями Казахстана и других регионов СССР: Мурунтау, Алмалык, Кызылалмасай в Узбекистане; Актюз, Хайдаркан в Киргизии, Кривой Рог; Желтые Воды, Никитовское, Берегово – в Украине; Березовское, Малышевское, Кочкарь, Качканар на Урале; Советское, Норильская группа в Красноярском крае; Балей, Дарасун, Этыка, Спокойное, Хапчеранга, Завитая – в Забайкалье; Тетюхе в Приморье; Нежданинское, Наталка на Северо-Востоке, Сухой Лог – в Восточной Сибири и др.; участвовал в конференциях различного уровня, встречался с коллегами в Москве, Киеве, Новосибирске, Томске, Иркутске, Магадане, Ташкенте, Бишкеке».*

В. А. Нарсеев стал признанным специалистом в области изучения зональности месторождений, подсчёта их запасов, но постоянно расширял горизонты своих знаний, интересовался новыми научными направлениями. Он ценил возможность обмена идеями, умел хорошо обобщать материал, был силен в разработке концепции на основе анализа всех полученных данных. В научном споре всегда чётко аргументировал свою позицию. Словом, обладал важными качествами для продуктивного участия в научной полемике. Великолепно говорил, умел донести суть проблемы, это привлекало людей. Яркие выступле-

ния В. А. Нарсеева поднимали престиж КазИМСа и, разумеется, способствовали росту его собственного авторитета в науке.

После того как он провёл защиту запасов Васильковского месторождения, в ГКЗ его очень ценили. И вскоре Валерия Александровича Нарсеева пригласили возглавить ЦНИГРИ – многопрофильный головной институт Министерства геологии СССР.

Будни директора ведущего института геологоразведочной отрасли СССР

После пяти лет курирования научно-исследовательской работы КазИМСа В. А. Нарсеев заступил на должность директора ведущего научно-исследовательского центра геологоразведочной отрасли СССР. Это был ответственный шаг. В 1980 г. в составе ЦНИГРИ трудилось около 3000 человек, институт занимался всем комплексом проблем расширения и укрепления сырьевой базы золотоплатиновой, алмазной, медной, никелевой и свинцово-цинковой промышленности огромной страны. Приближалось пятидесятилетие ЦНИГРИ, и от нового руководителя зависело, удастся ли администрации справиться с давними организационными задачами, по разным причинам не решёнными предшественниками. Речь шла прежде всего о расширении площадей лабораторных и административных зданий, которые давно не соответствовали нуждам растущего института, и о повышении финансирования. Кроме того, новому директору предстояло провести ряд решений, связанных с кадровым составом института и обновлением его материально-технической базы.

В. А. Нарсеев усилил роль отделов геологии золота и алмазов в структуре ЦНИГРИ. На должности руководителей подразделений выдвинул молодых перспективных сотрудников. По выражению самого Валерия Александровича, в новой структуре «главной боевой единицей» стали лаборатории. Во главе научных направлений работы ЦНИГРИ директор поставил своих новых заместителей – докторов геолого-минералогических наук А. Н. Минакова, А. И. Кривцова, И. Б. Флёрова. По твёрдым полезным ископаемым, которыми занимался ЦНИГРИ, был создан корпус кураторов Министерства геологии СССР: заместители директора отвечали за направления работ, заведующие отделами – за регионы исследований. Права и обязанности кураторов закреплялись приказом Мингео СССР.

В институте началась реализация плана технического перевооружения, включавшего также оснащение региональных отделений и экспедиций, переведённых на самостоятельный баланс. Последнее означало повышение статуса и уровня самоуправления. Тульское, Якутское, Азербайджанское отделения



В. А. Нарсеев в служебном кабинете

как самые крупные получили статус филиалов с полной самостоятельностью. В 1982 г. на базе алмазной лаборатории ЦНИГРИ в Мирном при поддержке директора В. А. Нарсеева был организован Якутский отдел комплексных исследований института. О нём много позже Валерий Александрович писал: *«Якутский филиал, первоначально алмазная лаборатория ЦНИГРИ, созданная директором И. С. Рожковым (руководитель – известный геолог-алмазник Харьков Алексей Демьянович), под многолетним руководством Николая Николаевича Зинчука стала практически алмазным институтом в г. Мирном... Замечательные работы по минералогии кимберлитов и поисковой илиховой минералогии, по геофизическим методам поисков кимберлитов внесли существенный вклад в развитие мировой алмазной науки»*. В 1983 г. в Азербайджанской ССР была создана Южная комплексная опытно-методическая экспедиция ЦНИГРИ (Баку), проводившая полупромышленные испытания проб с месторождений всего Союза ССР. В том же 1983 году в Узбекской ССР учреждена Заравшанская опытно-методическая партия ЦНИГРИ. Несколько позже в Магадане организован Северо-Восточный филиал института, в Архангельске – отдел комплексных исследований алмазов.

В 1985 г. строительство нового здания ЦНИГРИ на Варшавском шоссе, 129 завершилось, и институт отметил новоселье.

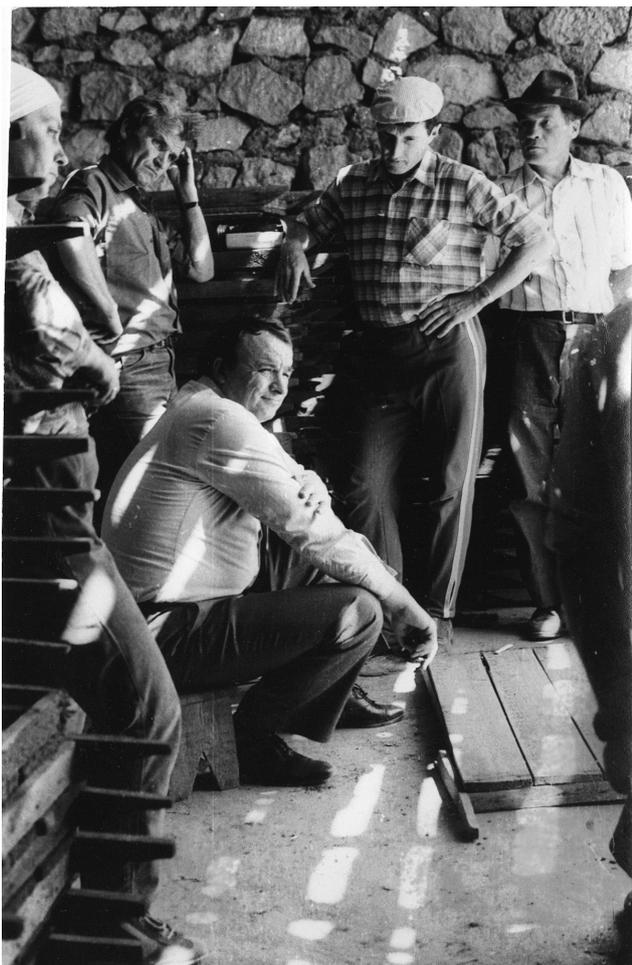
В конце 1986 г. основанием для установления в ЦНИГРИ первой группы оплаты труда научных работников (то есть повышения зарплат на 25–30 %) послужили успешное участие института в международном проекте изучения железомарганцевых конкреций Мирового океана и, как следствие, полученный

ЦНИГРИ статус головной организации по проблематике технологической переработки океанических конкреций. Тогда же в структуре института появился отдел геологии и минеральных ресурсов Мирового океана.

«Коренное изменение условий труда, новая оплата, приход к руководству подразделениями молодых перспективных сотрудников способствовали формированию нового отношения к молодым специалистам...», – писал В. А. Нарсеев. Он уделил особое внимание привлечению в институт новых кадров – выпускников ведущих геологических вузов. Каждый год в ЦНИГРИ принимали 20–30 человек: *«отбор осуществлялся на стадии дипломных работ студентов МГУ, МГРИ, МИСИС и др.»*. Нарсеев первым из директоров ЦНИГРИ начал организовывать конференции молодых учёных, что для многих сотрудников стало серьёзным импульсом к росту в профессии.

В 1987 году для работы на объектах Мингео ЦНИГРИ начал формировать научно-производственные группы, развивая успешную практику, внедрённую в КазИМСе. Произведённый НПГ подсчёт запасов месторождений серебра (Большой Канимансур), алмазов (Кумдыколь, Золотицкое Поле и др.), золота (Олимпиадинское) завершился утверждением в ГКЗ СССР. Подготовка Олимпиадинского месторождения к промышленной эксплуатации в рекордно короткие сроки [31] стала возможной благодаря слаженной работе сотрудников ЦНИГРИ и Олимпиадинской геологической партии. За вклад в развитие сырьевой базы и разведку названных месторождений сотрудники института Ю.И. Новожилов, В.И. Зеленов, Р.А. Амосов, С.С. Горохов, А.И. Берлинский, Б.И. Прокопчук были удостоены звания Лауреата Государственной Премии СССР. В тот же период специалистам ЦНИГРИ были присуждены премия Совета Министров СССР за разработку и выпуск бурового станка УБСР-24, премия Мингео СССР за ряд разработок по геологии и геофизике. *«Моя задача в работе с людьми состояла в следующем – выбрать кандидатуру на то или иное дело, дать полномочия и создать стартовые условия, завалить работой и не мешать её делать. Этим я как директор был занят все 24 часа в сутки. Должен сказать, что такой подход оказался эффективным и рентабельным»*, – вспоминал В. А. Нарсеев четверть века спустя.

Валерий Александрович не ограничивал свою деятельность административной работой. Он старался поддерживать высокий уровень научных исследований ЦНИГРИ. Так, он уделял большое внимание развитию технологий добычи и переработки руд – одному из самых сильных направлений исследований ЦНИГРИ. Иллюстрацией тому является, в частности, проект создания банка данных о технологических



Сотрудники ЦНИГРИ в пос. Адрасман. Таджикистан. 1985 г.
Слева направо: О. В. Русинова, Р. А. Амосов, В. А. Нарсеев,
А. Г. Волчков, А. Г. Злотник-Хоткевич

пробах. В 1980-е годы благодаря многолетней интенсивной работе сотрудники института и его Тульского филиала располагали огромным фактическим материалом о вещественном составе и технологиях переработки руд разных месторождений. Директор поддержал идею заведующей лабораторией технологической минералогии Тульского филиала ЦНИГРИ Л. С. Калиниченко о систематизации имеющихся материалов и направлял работу коллег, содействуя скорейшему формированию «Банка данных технологическая проба». Уже в мае 1988 г. специалисты ЦНИГРИ озвучили результаты исследований на Всесоюзном совещании «Методы технологических исследований минерального сырья», проходившем в Гранитогорске [13]. Доклад «Создание банка данных по технологическим пробам – путь к идентификации руд и повышению уровня исследований»

вызвал большой интерес присутствовавших технологов, минералогов и аналитиков.

Эрудированный геолог, практик с большим опытом полевых исследований Валерий Александрович понимал важность развития фундаментальных научно-методологических основ геологии в целом и металлогении в частности. Он следовал правилу: нет ничего практичнее хорошей теории (гипотезы). Во многих работах В. А. Нарсеева, выступлениях на конференциях и семинарах, беседах с коллегами всегда красной нитью проходила мысль о необходимости системного подхода к изучаемым процессам и объектам, присутствовали идеи о причинах и механизмах образования и усложнения геологических структур всех иерархических уровней – от молекулярных до планетарных. Отсюда его неустанные поиски новой парадигмы структурирования геологического пространства [24], интерес к познанию процессов самоорганизации, внимание к научному мировоззрению на основе идей и принципов синергетики. Так, В. А. Нарсеев был вдохновителем и одним из инициаторов проведения первого в СССР научно-методологического семинара «Геологическая синергетика» (Алма-Ата, 1991 год). В том же году под его редакцией издан сборник «Рудная синергетика» [12]. Символично, что и в последней статье Валерия Александровича, вышедшей после его ухода из жизни, отмечено: описание регулярных свойств металлогенических систем, определение закономерностей взаимосвязи среды и объектов – сложный и неоднозначный процесс, включающий использование методологии синергетики [20].

Когда В. А. Нарсеев возглавил ЦНИГРИ, появилась традиция направлять сотрудников института на стажировку за границу. Валерия Александровича отличала идеальная память и редкая работоспособность. Для людей, серьезно занимавшихся наукой, у него всегда было время, он вникал в проблему, готов был дискутировать. Если Валерия Александровича интересовала проблема, он обязательно находил возможность продолжить диалог, дать дельный совет, подтолкнуть коллег к дальнейшей работе над трудной задачей.

Валерий Александрович Нарсеев был наделён редким даром вдохновлять людей. Поэтому он всегда был так востребован. После общения с ним у собеседника возникали новые идеи, уверенность в своих силах. Нарсеев инициировал подготовку институтом книжной серии «Золоторудные месторождения СССР». Выход этого многотомного издания под редакцией В. А. Нарсеева и Н. А. Фогельман – один из значительных проектов ЦНИГРИ [9] в 1980-е годы. Оригинальные материалы, собранные В. А. Нарсеевым в процессе многолетнего изучения золоторудных

месторождений Казахстана и обобщённые в его докторской диссертации «Геологические основы прогнозирования и оценки золоторудных месторождений (на примере Казахстана)» (1983) [14] вошли в соответствующий том серии «Золоторудные месторождения СССР».

Дистанция – жизнь

По завершении срока пребывания на посту директора ЦНИГРИ В. А. Нарсеев мог сосредоточиться на собственных научных исследованиях. К этому периоду работы в институте относится ряд его значимых публикаций [7, 11, 22].

В конце 1980-х годов Валерий Александрович собрал большую группу специалистов для углублённого изучения и прогнозной оценки золоторудного месторождения Бакырчик, которое он начинал исследовать десятилетием ранее. Помимо сотрудников ЦНИГРИ, занимавшихся разными направлениями геологии, были привлечены учёные из Львовского университета, КазИМСа и других организаций. В то время существовало несколько теорий генезиса названного месторождения. Перед специалистами стояла задача понять механизм его образования и обозначить перспективные участки Кызыловской рудной зоны. В её центральной части работала небольшая шахта по добыче золоторудной породы, а на западе старательская артель открытым способом добывала руду на месторождении Большевик, которую потом отвозили на переработку.

Исследования вели в течение четырёх лет – с 1988 по 1991 год, до распада Советского Союза. Полевые работы не прекращались круглый год, поскольку шло массовое бурение. Валерий Александрович неоднократно приезжал на место проведения работ и своими знаниями и авторитетом очень поддерживал коллектив, в котором трудилось немало молодых специалистов. Он был и наставником, и старшим товарищем, с которым очень интересно общаться. Всегда поддерживал инициативы, помогал организовать сложные исследования, никогда не давил авторитетом и не навязывал своего мнения. Группа имела возможность проводить любые исследования и анализы. В результате была полностью пересмотрена теория образования Кызыловской рудной зоны, дана палеогеографическая оценка территории, определены механизмы первичного накопления и перераспределения золота. Выявлены литологическая, тектоническая и минералогическая зональности распределения рудного поля. Итогом стала перспективная оценка рудных запасов месторождения. Сегодня Кызыл – редчайшее месторождение мирового класса, разрабатываемое российской горнорудной компанией «Полиметалл».

Согласно последней оценке, жизненный цикл месторождения увеличился до 2047 года, осуществляется доразведка. Запасы золота увеличены, построена горно-обоганительная фабрика, на предприятии работает 1200 человек.

В дальнейшем В. А. Нарсеев работал некоторое время заместителем Амурского научного центра ДВО РАН, отвечая за минералого-технологические исследования, проводившиеся для создания новой технологии извлечения золота из хвостов шлихообогажительных установок. В начале 1990-х годов участвовал в переоценке ресурсов ряда месторождений золота, взаимодействовал с коллегами из Gold Fields согр. (ЮАР) и других компаний. Работал экспертом в крупных компаниях США, Монголии, Англии, России, Испании, всегда поддерживал связь с коллегами в Казахстане.

С начала 2000-х годов Валерий Александрович возглавлял геологические службы ряда организаций, занимавшихся разведкой месторождений золота и металлов платиновой группы в Республике Карелия. Под его руководством были проведены поисково-оценочные и разведочные работы на Тягозеро-Аганазерском участке Бураковского массива (Пудожский район). По результатам этих исследований на месторождении Шалозерское (участок Кукручей) оценённые запасы платиноидов и золота впервые поставлены на Государственный баланс.

С участием В. А. Нарсеева была проведена разведка и оценка глубоких горизонтов и флангов золотомедного месторождения Лобаш-1, и запасы золота, меди, серебра утверждены в ГКЗ.

С большим интересом отнёсся Валерий Александрович к новому направлению – изучению наноминералогии золота. В 2000 г. в журнале «Отечественная геология» он опубликовал (в соавторстве) объёмную статью «Наноминералогия золота золоторудных месторождений основных промышленных типов», иллюстрированную редкими снимками самородного золота золото-сульфидных, золото-сульфидно-кварцевых, золото-серебряных руд [1]. Было уделено внимание и электронно-микроскопическому изучению углеродистого вещества из пород и руд различных золоторудных формаций. Для месторождений золото-сульфидных формаций, как и близповерхностных, характерны полимерные цепочки, облачные стяжения, бесформенные агрегаты; в месторождениях золото-сульфидно-кварцевых руд присутствуют шунгит, карбин и графит – то есть более упорядоченное углеродистое вещество; на месторождениях, где процессы метаморфизма проявляются в высокой степени, углеродистое вещество имеет сверхупорядоченную структуру, вплоть до формирования алмазов.

В начале 2000-х годов В. А. Нарсеев опубликовал в журнале «Руды и металлы» несколько резонансных статей об особенностях золотого оруденения карлинского типа, о различных вопросах металлогении золота [2, 16 и др.].

Автор 15-ти монографий и более 200 статей Валерий Александрович до конца дней не прекращал научной деятельности. Общась с друзьями, он обязательно переводил разговор на проблемы геологии, обсуждал темы задуманных статей. Не переставал анализировать нерешённые вопросы геологии золота, систематизировал накопленные знания, старался увидеть имеющиеся факты в новом ракурсе. Ведь в годы его активной работы не существовало многих методов исследований, которые появились в 21 столетии, поэтому он жадно искал возможности взаимодействия с учёными, овладевшими новыми подходами. В последние годы В. А. Нарсеев написал интересные статьи в соавторстве с В. Л. Лосем, В. Н. Матвиенко, Л. Г. Марченко, в этих работах проявились его кругозор, нестандартный взгляд на проблемы геологии и металлогении.

В последней книге «Оценка месторождений рудного золота» (2017) Валерий Александрович Нарсеев так определяет своё жизненное кредо: *«Геологи – самые честные и чистые люди, так как ими управляют жажда познания, а не наживы, желание понять и одолеть самого хитрого «противника» и властителя человечества, обратить его вечную власть во благо человека. Очистив мысли и укрепив дух, геолог первым прикасается к тайне золота...»* [21]

Валерий Александрович был наделён несомненным литературным даром, прекрасно рисовал. Он обладал огромным чувством юмора, так что рядом с ним невозможно было скучать. Он был открыт для общения, ценил человеческие взаимоотношения. Мог в мгновение ока сочинить стихи по случаю рождения у молодых коллег первенца, а потом вместе с друзьями декламировать шуточную оду под окнами роддома, смеша и восхищая прильнувшую к окнам аудиторию. Такое отношение к людям дорогого стоит!

В личной жизни Валерию Александровичу несказанно повезло: его супруга Нина Георгиевна была одарённым человеком, писала прекрасные стихи. Она всю жизнь сопровождала любимого мужа, деля с ним и радости, и невзгоды. Нарсеевы воспитали двух замечательных сыновей и дочь.

Возможно, когда-нибудь автобиографическая книга Валерия Александровича «Костров погасших дым» с прозой и стихами автора, иллюстрированная им самим, будет издана и прочитана следующим поколением геологов. В этом произведении он не подводил итоги, ему хотелось воссоздать важные моменты жизни, своей и своих сверстников, пришедших в геологию в середине 20 столетия, трудившихся с интересом и оставшихся верными профессии. *«Оглядываясь назад и вспоминая полные накала дни, месяцы, годы бешеного труда, диву даёшься и благодаришь судьбу, что она дала возможность так жить и работать...»*

Редакция благодарит Н. В. Нарсееву за предоставленные фотографии и рисунки из личного архива В. А. Нарсеева

Виват, Рудгеоразведка!

Идём, друзья, идём, друзья, в разведку!
В тайгу, в болота, в зыбуны-пески.
Судьба нам поднесла подарок редкий,
Жизнь хороша и в сердце нет тоски.

Разведка – это дело непростое.
Разведка большинству не по плечу.
Тут нужен труд и ум, и сердце молодое.
В разведку! Да! В разведку я хочу!

Здесь небо всё в тяжёлых чёрных тучах,
Здесь дождь и снег, а иногда – пурга.
В квартирах городских теплей и лучше,
Но я люблю свой дом, где горы и тайга.

Разведка – это трудное, брат, дело,
Жизнь лёгкая здесь чаще нелегка.
Шагаем мы по ней уверенно и смело,
Под символом «ума и молотка»

Носители света

Смена поколений. Простые слова
И никуда от них не деться.
С ними согласна голова,
Но против – сердце.

Для нас смена – это живые.
Живые, которых не стало средь нас.
Годы пятидесятые, сороковые,
Которых свет и сейчас не погас.

Мы тоже носители света.
Дай Бог, это скажут о нас.
И снова – смена поколений,
И снова, и снова... в который раз.

Лишь ЦНИГРИ – астральное тело
В пространстве материй и тонких тел,
Стоял, стоит, стоять будет –
Реальности жизни далекий предел.

Звезда

Посвящение Н. А. Фогельман

Верхом, пешком, тропой непробитой
Пройти сквозь жизнь, наперекор судьбе.
Счастливой быть в халупе, в землю врытой,
В кирзе солдатской, с беломором на губе.

По диким степям Забайкалья,
Где золото роют в горах,
Прошла, не сгибаясь, Наталья
С звездой в седых волосах.

Наука – не денег богатство,
Наука, что крест на плечах.
Крепит геология братство
В делах, а не в шумных речах.

И в жёстком том цнигровском братстве,
Сверкая в созвездье умов,
Она остается прекрасной,
Звездой, что без звона оков.

Я друзьями своими век обязан судьбе,
Она мне подарила их, как-будто себе.
Столько лет миновало, столько бурь пронеслось,
Все же больше осталось, чем с водой унеслось.

А осталось мне братство. И не надо таить.
Мне осталось богатство. Связи тайная нить.
Стоит только позвать их, чуть прищутив глаза,
Вот стоят на дороге, впереди или за.

Общей силой духовной укреплен и согрет,
Я шагаю по жизни с лишним семьдесят лет.
И когда в царство духа вихрем я унесусь,
Там один не останусь, там я с ними найдусь.

Дистанция – жизнь

И снова в тёплом небе фонари
Судьбы моей непознанной горят.
Ты лишних, друг мой, слов не говори –
Пусть только звёзды тихо говорят.

Пусть скажут, что родился на Земле,
В струях Илека с чистой водой.
И с малых лет уже сидел в седле,
Сухую землю гладил бороной.

Как взрывами отбросила война
Отца и мать, и всю мою родню.
Как горя чашу всю испил до дна,
Но никого я в этом не виню.

И как прожил косою десяток лет
В бушлате и кирзовых сапогах.
И как учился с блеском восемь лет
Голодный, оставаясь на ногах.

Взвилася моя вольная душа.
Диплом в руках, преграды больше нет –
И снова жизнь до дури хороша.
И снова сам себе авторитет.

Семья и дом, пот, лето и зима –
Всё было геологией одной.
Природа открывалась сама.
И был я сам гранитною скалой.

Друзья, статьи, доклады и чины
Слились в одну могучую реку.
Я плыл по ней, меняя лишь челны,
Я грёб и грёб, и шёл по волоку.

И вот приплыл к конечным берегам,
Вся жизнь, как строчка краткого стиха,
Как жертва истинным богам.
Жизнь хороша и жертва неплоха.

А украшения её – мирская кутерьма
И мишура – от книжек и чинов,
Все ж не свели меня с ума.
Свободен я. Под громкий звон оков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдулин А. А., Матвиенко, В. Н., Нарсеев В. А.* Наноминералогия золота золоторудных месторождений основных промышленных типов // Отечественная геология. – 2000. – № 3. – С. 20–40.
2. *Антонов Ю. А., Нарсеев В. А.* Особенности локализации золотого оруденения в Кызылловской зоне смятия и ее прогнозные ресурсы // Геология и охрана недр. – 2011. – № 4 (41). – С. 29–45.
3. *Ариффулов Ч. Х.* Золотоносность Кызылкумов – вклад ЦНИГРИ // Руды и металлы. – 2010. – № 1. – С. 124–132.
4. *Баханова Е. В., Нарсеев В. А.* Некоторые физико-химические особенности формирования золоторудных месторождений Казахстана // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. – 1975. – Вып. 4. – С. 103–118.
5. *Бугаец А. Н., Нарсеев В. А.* К вопросу о распределении ниобия в некоторых гранитных массивах Казахстана // Геохимия. – 1964. – № 1. – С. 51–60.
6. *Бугаец А. Н., Нарсеев В. А.* Поисковое значение ореолов рассеяния редких металлов в пределах гранитных массивов северо-восточной части Чингиза // Вопросы геологии, генезиса и методики изучения месторождений полезных ископаемых Сибири. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – С. 178–186.
7. *Веселов А. В., Гузман Б. В., Гусева Л. Д., Нарсеев В. А., Самарцев И. Т.* Прогнозная оценка глубоких горизонтов и флангов золоторудных месторождений». – М.: ЦНИГРИ, 1989. – 176 с.
8. *Геология и геохимия месторождений благородных металлов Казахстана.* – Алма-Ата: ОНТИ КазИМС, 1969. – 135 с.
9. *Золоторудные месторождения СССР* // Под ред. В. А. Нарсеева, Н. А. Фогельман. – М.: ЦНИГРИ, 1990. – 27 с.
10. *Константинов М. М., Нарсеев В. А.* Многофакторные прогнозно-поисковые модели золоторудных месторождений. – М.: ЦНИГРИ, 1989. – 120 с.
11. *Коробейников А. Ф., Нарсеев В. А., Пиеничкин А. Я. [и др.]* Пириты золоторудных месторождений (свойства, зональность, практическое значение). – М.: ЦНИГРИ, 1993. – 213 с.
12. *Летников Ф. А., Шашкин В. М., Барышев А. Н. [и др.]* Рудная синергетика // Труды ЦНИГРИ. – М., 1991. – Вып. 244. – 138 с.
13. *Методы технологических исследований минерального сырья: Тезисы докладов совещания / Отв. ред В. Г. Загайнов.* – Алма-Ата: КазИМС, 1988.
14. *Нарсеев В. А.* Геологические основы прогнозирования и оценки золоторудных месторождений (на примере Казахстана) // Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Алма-Ата, 1983. – 47 с.
15. *Нарсеев В. А.* Геохимические особенности метасоматически измененных гранитоидов Жарминской зоны. (Восточный Казахстан) / Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук // АН КазССР. Ин-т геол. наук им. К. И. Сатпаева. – Алма-Ата, 1966. – 21 с.
16. *Нарсеев В. А.* К дискуссии о генезисе руд карлинского типа. Суздаль-тренд (Юго-Западный Алтай) // Руды и металлы. – 2002. – № 1. – С. 67–70.
17. *Нарсеев В. А.* К проблеме поисков на территории Казахстана золоторудных месторождений типа Карлин // Геология, разведка и методы изучения месторождений полезных ископаемых. Материалы второй конференции научно-технического горного общества КазИМС. – Алма-Ата, 1969. – С. 72–73.
18. *Нарсеев В. А.* О механизме образования микролитов в стекловатых изверженных породах. Палеовулканические реконструкции, лавы и руды древних вулканов // Труды лаборатории палеовулканонологии КазИМС. – 1964. – Вып. 3. – С. 280–283.
19. *Нарсеев В. А.* О направлении геологоразведочных работ на золото в Казахстане: отчет № 7633. – Алма-Ата: КазИМС, 1974. – 78 с.
20. *Нарсеев В. А.* Основные положения металлогении золота // Геология и охрана недр. – 2018. – № 1 (66). – С. 4–13.
21. *Нарсеев В. А.* Оценка месторождений рудного золота. – М.: ЦНИГРИ, 2017. – 64 с.
22. *Нарсеев В. А.* Промышленная геология золота. – М.: Научный мир, 1996. – 243 с.
23. *Нарсеев В. А.* Спонтанная полимеризация и её роль в вулканическом процессе // Вулканизм и глубинное строение Земли. – М.: Наука, 1966. – С. 98–102.
24. *Нарсеев В. А.* Структурирование геологического пространства (в поисках новой парадигмы геологии) // Геология и охрана недр. – 2007. – № 1 (22). – С. 15–18.
25. *Нарсеев В. А.* Эндогенная зональность золоторудных месторождений Казахстана. – Алма-Ата: ОНТИ КазИМС, 1973. – 238 с.
26. *Нарсеев В. А., Глоба В. А., Гражданцев Н. Г., Синев О. А.* Вопросы геологии месторождений золота. Материалы II конференции по изучению месторождений золота Сибири // Известия Томского политехнического института. – 1970. – Т. 239. – С. 274–280.
27. *Нарсеев В. А., Левин Г. Б., Гражданцев Н. Г.* Критерии выделения рудных столбов месторождений золота Казахстана // Проблемы образования

- Рудных столбов. – Новосибирск : «Наука», 1972. – С. 177–181.
28. *Нарсеев В. А., Ревякин П. С., Сидоров А. А., Яновский В. М.* О геодинамической позиции золотого оруденения // Советская Геология. – 1986. – № 4. – С. 47–51.
 29. *Нарсеев В. А., Садовская О. И.* Положение золотого оруденения в региональных геологических структурах СССР. – Алма-Ата : КазИМС, 1973. – 43 с.
 30. *Нарсеев В. А., Сидоров А. А., Фогельман Н. А.* [и др.] Основы прогнозирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах. – М. : ЦНИГРИ, 1986. – 192 с.
 31. *Новожилов Ю. И., Яблокова С. В.* Опыт создания научно-производственных групп // Время ЦНИГРИ. – М. : ЦНИГРИ. 2020. – С. 56–57.
 32. *Садовский Ю. А., Филиппов В. А., Нарсеев В. А.* Рудные столбы в телах редкометалльных гранитных пегматитов // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1970. – Вып. 3. – С. 294–304.
 33. *Фогельман Н. А., Нарсеев В. А., Глоба В. А.* Закономерности размещения месторождений золота и прогнозная оценка на золото территории Казахстана: отчет № 5485. – М. : Мингео СССР, Мингео Каз. ССР, 1975.

REFERENCES

1. *Abdulin A. A., Matviyenko, V. N., Narseyev V. A.* Nanomineralogiya zolota zolotorudnykh mestorozhdeniy osnovnykh promyshlennykh tipov [Nanomineralogy of gold in gold deposits of the main industrial types]. *Otechestvennaya geologiya* [Domestic geology], 2000, No. 3, P. 20–40. (In Russ.)
2. *Antonov Yu.A., Narseyev V.A.* Osobennosti lokalizatsii zolotogo orudeneniya v Kyzylvskoy zone smyatiya i yeye prognosnyye resursy [Antonov Yu.A., Narseyev V.A. Features of the localization of gold mineralization in the Kyzylvskaya shear zone and its predicted resources]. *Geologiya i okhrana neдр* [Geology and bowels of the earth], 2011, No. 4 (41), P. 29–45. (In Russ.)
3. *Arifulov Ch. Kh.* Zolotonosnost' Kyzylkumov – vklad TSNIGRI [The gold content of the Kyzylkums – the contribution of TSNIGRI]. *Rudy i metally* [Ores and metals], 2010, No. 1, P. 124–132. (In Russ.)
4. *Bakhanova Ye. V., Narseyev V. A.* Nekotoryye fizikokhimicheskiye osobennosti formirovaniya zolotrudnykh mestorozhdeniy Kazakhstana [Some physical and chemical features of the formation of gold deposits in Kazakhstan]. *Geologiya, geokhimiya i mineralogiya zolotorudnykh rayonov i mestorozhdeniy Kazakhstana*, 1975, Is. 4, P. 103–118. (In Russ.)
5. *Bugayets A. N., Narseyev V. A.* K voprosu o raspredelenii niobiya v nekotorykh granitnykh massivakh Kazakhstana [On the distribution of niobium in some granite massifs of Kazakhstan]. *Geokhimiya* [Geochemistry], 1964, No. 1, P. 51–60. (In Russ.)
6. *Bugayets A. N., Narseyev V. A.* Poiskovoye znachenie oreolov rasseyaniya redkikh metallov v predelakh granitnykh massivov yevero-vostochnoy chasti Chingiza [Exploration value of rare metal scattering halos within the granite massifs of the northeastern part of Chingiz]. *Voprosy geologii, genezisa i metodiki izucheniya mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh Sibiri*, Moscow, Gosgeoltekhizdat publ., 1962, P. 178–186. (In Russ.)
7. *Veselov A. V., Guzman B. V., Guseva L. D., Narseyev V. A., Samartsev I. T.* Prognoznaya otsenka glubokikh gorizontov i flangov zolotorudnykh mestorozhdeniy [Predictive assessment of deep horizons and flanks of gold deposits]. Moscow, TSNIGRI publ., 1989, 176 p. (In Russ.)
8. *Geologiya i geokhimiya mestorozhdeniy blagorodnykh metallov Kazakhstana*, Alma-Ata, ONTI KazIMS publ., 1969, 135 p. (In Russ.)
9. *Zolotorudnyye mestorozhdeniya SSSR* [Gold deposits of the USSR]. Ed. V. A. Narseyev, N. A. Fogel'man. Moscow, TSNIGRI publ., 1990, 27 p. (In Russ.)
10. *Konstantinov M. M., Narseyev V. A.* Mnogofaktornyye prognosno-poiskovyye modeli zolotorudnykh mestorozhdeniy [Multifactor predictive-exploratory models of gold deposits], Moscow, TSNIGRI publ., 1989, 120 p. (In Russ.)
11. *Korobeynikov A. F., Narseyev V. A., Pshenichkin A. Ya.* et al. Pirity zolotorudnykh mestorozhdeniy (svoystva, zonal'nost', prakticheskoye znachenie). Moscow, TSNIGRI publ., 1993, 213 p. (In Russ.)
12. *Letnikov F. A., Shashkin V. M., Baryshev A. N.* et al. Rudnaya sinergetika [Ore synergy]. *Trudy TSNIGRI*, 1991, Is. 244, 138 p. (In Russ.)
13. *Metody tekhnologicheskikh issledovaniy mineral'nogo syr'ya: Tez. dokl. soveshch* [Methods of technological research of mineral raw materials: Proceedings. report meeting]. Editorial board: V. G. Zagaynov et al. Alma-Ata, KazIMS publ., 1988. (In Russ.)
14. *Narseyev V. A.* Geologicheskiye osnovy prognozirovaniya i otsenki zolotorudnykh mestorozhdeniy (na primere Kakhakhstana) [Geological foundations for forecasting and evaluating gold deposits (on the example of Kazakhstan)]. *Avtoreferat disser. dokt. geol.-miner. nauk*, Alma-Ata, 1983, 47 p. (In Russ.)
15. *Narseyev V. A.* Geokhimicheskiye osobennosti metasomaticheskii izmenennykh granitoidov Zharminskoy zony. (Vostochnyy Kazakhstan) [Geochemical features of metasomatically altered granitoids of the Zharma zone. (East Kazakhstan)]. Alma-Ata, KazIMS publ., 1966, 21 p. (In Russ.)
16. *Narseyev V. A.* K diskussii o genezise rud karlinskogo tipa. Suzdal'-trend (yugo-zapadnyy Altay) [On the discussion of the genesis of ores of the Carlin type. Suzdal'-trend (southwestern Altai)]. *Rudy i metally* [Ores and metals], 2002, No. 1, P. 67–70. (In Russ.)
17. *Narseyev V. A.* K probleme poiskov na territorii Kazakhstana zolotrudnykh mestorozhdeniy tipa Karlin [On

- the problem of prospecting for gold deposits of the Karlin type in Kazakhstan]. *Geologiya, razvedka i metody izucheniya mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh. Materialy vtoroy konferentsii nauchno-tekhnicheskogo gornogo obshchestva KazIMS. Alma-Ata, KazIMS publ., P. 72–73. (In Russ.)*
18. *Narseyev V. A. O mekhanizme obrazovaniya mikrolitov v steklovatykh izverzhennykh porodakh. Paleovulkanicheskiye rekonstruktsii, lavy i rudy drevnykh vulkanov [On the mechanism of formation of microlites in glassy igneous rocks. Paleovolcanic reconstructions, lavas and ores of ancient volcanoes]. Trudy laboratorii 26. Narseyev V.A. Osnovnyye polozheniya metallogenii zolota. Geologiya i okhrana neдр [Geology and bowels of the earth], 2018, No. 1(66), P. 4–13. (In Russ.)*
 19. *Narseyev V. A. O napravlenii geologorazvedochnykh rabot na zoloto v Kazakhstan: otchet № 7633 [On the direction of geological exploration for gold in Kazakhstan: report No. 7633]. Alma-Ata, KazIMS publ., 1974, 78 p. (In Russ.)*
 20. *Narseyev V. A. Osnovnyye polozheniya metallogenii zolota [Fundamentals of gold metallogeny]. Geologiya i okhrana neдр, 2018, No. 1 (66), P. 4–13. (In Russ.)*
 21. *Narseyev V. A. Otsenka mestorozhdeniy rudnogo zolota [Evaluation of ore gold deposits]. Moscow, TSNIGRI publ., 2017, 64 p. (In Russ.)*
 22. *Narseyev V. A. Promyshlennaya geologiya zolota [Industrial geology of gold]. Moscow, Nauchnyy mir publ., 1996, 243 p. (In Russ.)*
 23. *Narseyev V. A. Spontannaya polimerizatsiya i yeye rol' v vulkanicheskom protsesse [Spontaneous polymerization and its role in the volcanic process]. Vulkanizm i glubinnoye stroyeniye Zemli, Moscow, Nauka [Science] publ., 1966, P. 98–102. (In Russ.)*
 24. *Narseyev V. A. Strukturirovaniye geologicheskogo prostanstva (v poiskakh novoy paradigmy geologii) [Structuring of geological space (in search of a new paradigm of geology)]. Geologiya i okhrana neдр, 2007, No. 1(22), P. 15–18. (In Russ.)*
 25. *Novozhilov Yu. I., Yablokova S. V. Opyt sozdaniya nauchno-proizvodstvennykh grupp [Experience in creating research and production groups]. Vremya TSNIGRI. Moscow, TSNIGRI publ., 2020, P. 56–57. (In Russ.)*
 26. *Narseyev V. A., Globa V. A., Grazhdantsev N. G., Sinev O. A. Voprosy geologii mestorozhdeniy zolota [Questions of Geology of Gold Deposits]. Materialy II konferentsii po izucheniyu mestorozhdeniy zolota Sibiri. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo instituta, 1970, V. 239, P. 274–280. (In Russ.)*
 27. *Narseyev V. A., Levin G. B., Grazhdantsev N. G. Kriterii vydeleniya rudnykh stolbov mestorozhdeniy zolota Kazakhstana [Criteria for identifying ore columns of gold deposits in Kazakhstan]. Problemy obrazovaniya Rudnykh stolbov, Novosibirsk, Nauka [Science] publ., 1972, P. 177–181. (In Russ.)*
 28. *Narseyev V. A., Revyakin P. S., Sidorov A. A., Yanovskiy V. M. O geodinamicheskoy pozitsii zolotogo orudneniya [On the geodynamic position of gold mineralization]. Sovetskaya Geologiya [Soviet Geology], 1986, No. 4, P. 47–51. (In Russ.)*
 29. *Narseyev V. A., Sadovskaya O. I. Polozheniye zolotogo orudneniya v regional'nykh geologicheskikh strukturakh SSSR [Position of gold mineralization in regional geological structures of the USSR]. Alma-Ata, KazIMS publ., 1973, 43 p. (In Russ.)*
 30. *Narseyev V. A., Sidorov A. A., Fogel'man N. A. et al. Osnovy prognozirovaniya zolotorudnykh mestorozhdeniy v terrigennykh kompleksakh [Fundamentals of forecasting gold deposits in terrigenous complexes]. Moscow, TSNIGRI publ., 1986, 192 p. (In Russ.)*
 31. *Narseyev V. A. Endogennaya zonal'nost' zolotorudnykh mestorozhdeniy Kazakhstana [Endogenous zoning of gold deposits in Kazakhstan]. Alma-Ata, ONTI KazIMS publ., 1973, 238 p. (In Russ.)*
 32. *Sadovskiy Yu. A., Filippov V. A., Narseyev V. A. Rudnyye stolby v telakh redkometal'nykh granitnykh pegmatitov [Ore pillars in bodies of rare-metal granite pegmatites]. Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva, 1970, 2 seriya, Ch. 99, Is. 3, P. 294–304. (In Russ.)*
 33. *Fogel'man N. A., Narseyev V. A., Globa V. A. Zakonomernosti razmeshcheniya mestorozhdeniy zolota i prognoznaya otsenka na zoloto territorii Kazakhstana: otchet № 5485 [Patterns of location of gold deposits and predictive assessment of gold in the territory of Kazakhstan: report No. 5485]. Moscow, Mingeo USSR Mingeo Kaz SSR, 1975. (In Russ.)*

Требования к авторам статей

1. Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами: письмом (разрешением на опубликование) руководителя учреждения и экспертным заключением о возможности публикации в открытой печати. В конце статьи ставятся подписи всех авторов. В том случае, если автор не один, надо указать фамилию автора, с которым будет вестись переписка.

2. К материалам, направляемым в редакцию, должна быть приложена справка об авторе (авторах) с указанием: фамилии, имя, отчества, ученой степени, звания, должности, места работы, адреса для переписки (почтового), телефона, e-mail каждого автора.

3. Научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному рецензированию с целью их экспертной оценки. В случае отклонения статьи (отрицательная рецензия) редакция направляет авторам рецензию или мотивированный отказ за подписью главного редактора; редколлегия не вступает в дискуссию с авторами отклоненных статей; статьи, отклоненные редколлекцией, повторно не рассматриваются.

4. В журнале не публикуются статьи, излагающие обобщения и предположения, не вытекающие из публикуемого оригинального фактического материала; серийные и излагающие отдельные этапы исследований.

5. Объем статьи не должен превышать 20 страниц, включая таблицы и список литературы. Следует выставлять поля: сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см). Все страницы рукописи нумеруются. Текст предоставляется в формате MS Word (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman (размер 12, полуторный межстрочный интервал). В отдельные файлы помещаются статья, таблицы. Возможна передача статей по электронной почте: ogeo@tsnigri.ru

6. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 2.0.

7. Список литературы дается сквозной нумерацией в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не включаются неопубликованные работы.

8. Рисунки и другие графические материалы (не более 7) представляются в цветном или черно-белом варианте. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала (170×237 мм). Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw, JPEG, TIFF (только для фото), диаграмма Microsoft Excel. Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются. Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице (текстовый файл, после списка литературы). Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

9. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать название статьи, текст, рисунки.

10. Статьи, превышающие установленный объем или не отвечающие данным требованиям, возвращаются автору.