ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

№ 3 / 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

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Иванов А. И., Алексеев Я. В., Черных А. И., Наумов Е. А., Куликов Д. А., Барышев А. Н., Донец А. И., Конкин В. Д.
Российские золоторудные месторождения – аспекты открытия 3

Степанов В. А., Мельников А. В.
Золоторудное месторождение Снежинка Уркинского рудно-россыпного узла Приамурской провинции 22

МИНЕРАГЕНИЯ

Беляев Е. В., Антонов В. А.
Минерагеническая специализация структурно-формационных комплексов Республики Дагестан 32

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

Остапенко Н. С., Нерода О. Н.
Золотоносность полиметаллической минерализации Чагоян-Джурканского рудного поля Приамурья..... 47

Петроченков Д. А.
Верхнеюрские интерьерно-ювелирные аммониты Ульяновской области: минеральный состав, геммологические характеристики 58

Власова Э. А., Хмельков А. М.
Исследование парагенетических особенностей состава клинопироксенов из кимберлитов (на примере трубки Чукукская, Якутия) 69

ДИСКУССИИ

Александров С. П.
Отражение позиции кимберлитовых тел в материалах интерпретации космофотоснимков с использованием метода ГЕОНОМ 84

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Общероссийская общественная организация «Ветеран-геологоразведчик» отмечает 30-летний юбилей 92

Памяти Константина Романовича Ковалева 94

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 04.07.2022
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

Издатель ФГБУ «ЦНИГРИ»

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10012

УДК 553.411
© Коллектив авторов, 2022

Российские золоторудные месторождения – аспекты открытия

Проведено разделение золоторудных месторождений Российской Федерации на две группы: «старые», запасы которых поставлены на государственный баланс во времена СССР, и «новые», балансовые запасы которых утверждены впервые начиная с 1992 г. Выполнен анализ динамики запасов золоторудных месторождений, и показано, на каких месторождениях («старых» и «новых») подготовка балансовых запасов внесла наиболее существенный вклад в минерально-сырьевую базу золота после 2004 г. Продемонстрировано, что подавляющая часть «новых» месторождений в той или иной степени была изучена до 1992–1993 гг., что свидетельствует о приближающемся исчерпании перспективных для проведения оценочных и разведочных работ объектов советского периода. Обоснована необходимость усиления геологоразведочных работ ранних стадий за счёт средств федерального бюджета для подготовки прогнозных ресурсов и создания «поискового задела» для рудного золота.

Ключевые слова: золото, балансовые запасы, месторождения, минерально-сырьевая база, геологоразведочные работы, история открытия месторождений.

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ИННОКЕНТЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель, tsnigri@tsnigri.ru

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

ЧЕРНЫХ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор, tsnigri@tsnigri.ru

НАУМОВ ЕВГЕНИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора по научной работе, tsnigri@tsnigri.ru

КУЛИКОВ ДАНИЛА АЛЕКСЕЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделением, kulikov@tsnigri.ru

БАРЫШЕВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, baryshev@tsnigri.ru

ДОНЕЦ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, donets@tsnigri.ru

КОНКИН ВИКТОР ДМИТРИЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, konkin@tsnigri.ru

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

Russian gold ore deposits: aspects of the discovery

A. I. IVANOV, Ya. V. ALEKSEEV, A. I. CHERNYKH, E. A. NAUMOV, D. A. KULIKOV, A. N. BARYSHEV, A. I. DONETS, V. D. KONKIN

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

Gold ore deposits of the Russian Federation were divided into two groups: the “older” ones with the gold reserves that had been placed on the State balance-sheet register as early as in the former Soviet Union period, and the “new” ones, whose balance-sheet reserves were first approved after 1992. An analysis of dynamics of the gold reserves of the ore deposits was performed to exhibit which deposits (“old” or “new”) had made the most significant contribution into the mineral resource base of gold after 2004. It was demonstrated that majority of the “new” deposits had already been studied to a certain degree before 1992–1993. This suggests for oncoming exhaustion of objects of the Soviet period, applicable for the geological exploration and estimation. In this work we substantiate a necessity of strengthening the early-phase geological exploration financed by the Federal budget with the aim to prepare potential resources and to form an “exploration fund” for ore gold.

Key words: gold, balance-sheet reserves, mineral deposits, mineral resource base, geological exploration, history of mineral deposit discovery.

Балансовые запасы рудного золота в Российской Федерации, являясь её базисом, с 2005 г. непрерывно возрастают с 7,0 до 14,2 тыс. т в 2020 г. (рис. 1). Это происходит как за счёт доразведки месторождений, запасы которых были поставлены на государственный баланс в СССР («старые» месторождения [2, 3]), так и благодаря оценочным и разведочным работам на «новых» месторождениях, завершённым в 2004 г. и в последующие годы. При этом 2005 г. для современного этапа развития минерально-сырьевой базы (МСБ) рудного золота страны является переломным, поскольку на учёт было поставлено крупное собственно золоторудное месторождение Благодатное с балансовыми запасами 222,4 т. В более ранний период, между 1993 и 2005 гг., «новых» месторождений со значимыми балансовыми запасами практически не подготовлено, у подавляющей части объектов (92) на начало 2005 г. они не превышали 30 т, составляя в сумме 279,6 т, и только у трёх месторождений это значение было выше – Ведугинское (39,4), Титимухта (34,3) и Гагарское (34,2 т). Во многом представленные характеристики обусловлены переходным после СССР периодом развития отечественной экономики и неблагоприятной рыночной конъюнктурой золота. Так, до 2004 г. среднегодовая цена на металл, по данным London Bullion Market Association (LBMA), не превышала 400 долл. за тр. унц., которая во многих случаях при расчёте экономических показателей добычи не обеспечивала её достаточную рентабельность. Кроме того, отсутствие крупных объектов до 2005 г. связано с тем, что первоначально учтённые запасы ряда месторождений (указанных Ведугинского и Титимухта, а также Бамского, Чертово Корыто и др.) характеризовали не всё месторождение, а только его часть, и в дальнейшем по результатам ГРР произошёл их прирост. Тем не менее количество «новых» месторождений непрерывно возрастает, как и возрастает их вклад в формирование МСБ золота Российской Федерации.

В целях прогнозирования состояния МСБ рудного золота на перспективу одними из задач настоящей статьи являются ретроспективный анализ вклада «старых» и «новых» месторождений в её формирование и рассмотрение тенденций по их роли в дальнейшем развитии МСБ.

Кроме того, так как чисто формально «новые» золоторудные месторождения «появились» в результате проведения оценочных и разведочных работ и постановки запасов на государственный баланс в постсоветский период, по мнению некоторых исследователей, заслуга в этом принадлежит исключительно современным предприятиям, в том числе

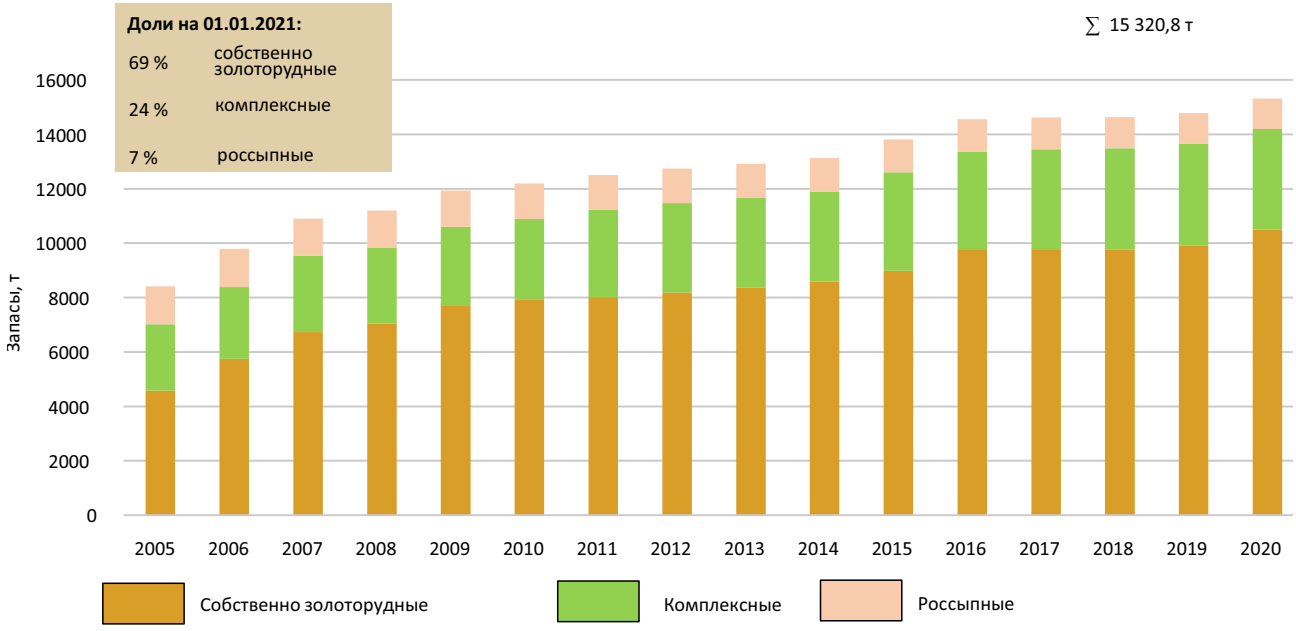


Рис. 1. Динамика запасов золота кат. $ABC_1 + C_2$ в 2005–2020 годах собственно золоторудных, комплексных и россыпных месторождений:

в рассматриваемый период запасы золота на собственно золоторудных месторождениях увеличивались в среднем на 5,9 % в год, комплексных золотосодержащих на 2,8 %, на россыпных месторождениях отмечена убыль запасов на 1,5 % в год

иностранным. Поэтому другими задачами настоящей статьи являются анализ истории выявления и изучения наиболее крупных «новых» месторождений рудного золота и показ не только времени их открытия как перспективных рудопроявлений, но и длительности проведения разных стадий геологоразведочных работ ещё в советский период. Эти данные подтверждают известное с советских времён правило оценки времени «прохождения» рудопроявления через стадии поисковых, поисково-оценочных работ, предварительной и детальной разведки в благоприятном случае в 15 лет. То есть только через 15 лет месторождение может быть подготовлено к составлению проекта на разработку и последующему строительству обогатительного предприятия. Поэтому для прогнозирования развития МСБ золота на перспективу, особенно в условиях всеми признаваемого исчерпания «поискового задела», необходимо учитывать реально-минимальные сроки получения окончательного результата геологоразведочных работ – балансовых запасов – от момента выявления рудопроявления и обоснования перспективности участков для проведения поисковых работ.

Развитие минерально-сырьевой базы рудного золота в 2005–2020 гг. В этот период, как уже отмечалось, на государственный баланс были поставлены запасы значительного количества «новых» золоторудных месторождений, представленных двумя группами: собственно золоторудными и комплексными золотосодержащими. Среди 74 наиболее крупных месторождений (48 собственно золоторудных и 26 комплексных) с балансовыми запасами более 30 т (рис. 2) «старые» и «новые» месторождения в количественном отношении уже сравнялись – их по 37. Из 48 собственно золоторудных месторождений – 20 «старых» объектов и 28 «новых». Из 26 комплексных – 17 «старых» и 9 «новых». Общее положение названных 74 месторождений относительно общих запасов золота представлено в табл. 1.

На рис. 3 приведена динамика запасов собственно золоторудных месторождений (А) и показатели их прироста (Б) с указанием основных «старых» и «новых» месторождений, внёсших вклад в этот прирост. На нём отчётливо видно, что «скачкообразное» возрастание балансовых запасов в отдельные годы обусловлено приростом запасов золота на уникальных месторождениях – Наталкинском, Сухой Лог и Олимпиадинском. Их общий вклад в прирост запасов категорий ABC_1C_2 за 2005–2020 гг. составил 37 % (3433 т), в том числе по запасам промышленных категорий (ABC_1) – 39 % (2397,3 т), по запасам категории C_2– 33 % (1035,7 т). А вклад в прирост балансовых запасов «старых» месторождений – соответственно 67, 66 и 70 %. Из этих трёх месторождений на Олимпиадинском значимое наращивание балансовых запасов за счёт доразведки происходило в 2016 и 2020 гг. (последний год – в основном по категории C_2), переоценки в 2009 г. (перевод из забалансовых в категорию C_2); на Наталкинском в 2006 г., при этом единовременно за счёт переоценки произошло списание всех балансовых запасов для подземной отработки; на Сухом Логе весь прирост был обусловлен переоценкой 2007 г. (см. рисунки 3 и 4, А, Б). На фоне отмеченных существенных колебаний прироста на «старых» объектах динамика прироста за счёт разведки на «новых» месторождениях в целом менее вариативна и имеет отчётливую тенденцию к возрастанию (см. рис. 4, А).

Возрастание запасов за счёт переоценки во многом объясняется объективными причинами, главная из которых – почти непрерывный рост цены золота. Это обусловливает возможность вовлечения в разработку всё более бедных руд, что и подтверждается отчётливым трендом на снижение средних содержаний золота в балансовых запасах как в «старых», так и в «новых» собственно золоторудных месторождениях в РФ (см. рис. 4, Б). На рис. 4, В видно, что, хотя тренды снижения содержаний золота в рудах «старых» и «новых» месторождений в рассматриваемый период совпадают, в последних средние содержания ниже «старых» в среднем на 1 г/т. Следует также отметить, что в результате переоценки «старых» месторождений запасы не только возрастают, но и в некоторых случаях сокращаются (см. рис. 4, Б – месторождения Наталкинское (2006), Вернинское и Каральвеемское (2015)), что в целом обусловлено переутверждением разведочных кондиций и уточнением параметров подсчётных блоков месторождений.

Запасы золота в комплексных золотосодержащих месторождениях в РФ имеют отчётливый тренд к возрастанию, хотя в последние годы наметилась определённая «стагнация» (рис. 5, А). В этой группе месторождений прирост запасов за 2005–2020 гг. осуществлялся в преимущественно медных (главным образом медно-порфировых, скарновых медно-магнетитовых, сульфидных медно-никелевых) месторождениях (см. рис. 5, Б). Причём, в отличие от собственно золоторудных, почти 80 % связаны с подготовкой запасов на «новых» месторождениях за счёт разведочных работ (рис. 6, А), большая часть которых находится только в начальной стадии промышленного освоения (Томинское, Малмыжское, Песчанка и др.) или разведывается. При этом на «новых» объектах по результатам дальнейшего изучения первоначально учтённые запасы категории ABC_1 при утверждении постоянных разведочных кондиций могут быть квалифицированы по категории C_2, что на примере Аг-Сугского месторождения (Протокол ФБУ

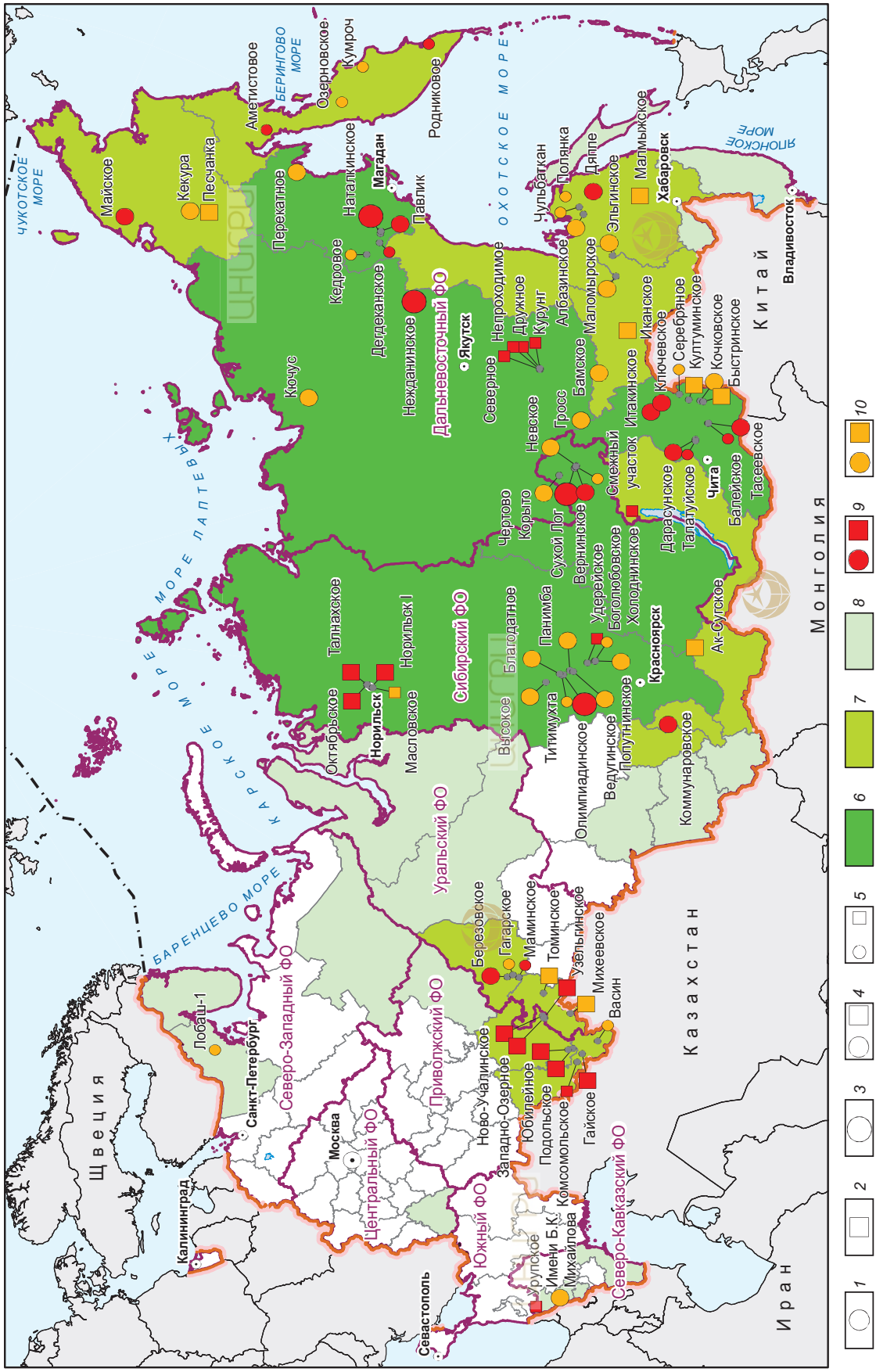


Рис. 2. Схема территориального размещения запасов и основных месторождений МСБ золота РФ:

месторождения рудного золота: 1 – собственные, 2 – комплексные; крупность: 3 – уникальные, 4 – крупные, 5 – средние; запасы кат. $ABC_1 + C_2$ (в т): 6 – от 1000, 7 – 100 – < 1000, 8 – < 100; постановка на Госбаланс: 9 – СССР, 10 – РФ

1. Территориальное распределение балансовых запасов* золота на 01.01.2021 г., т

Месторождения	ДВФО		СФО		ПФО		УФО		СЗФО		СКФО**		ЦФО	
	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2
Собственно золоторудные	3031	2295	2554	2161	34	98	143	135	1	50		5		
в т.ч. наиболее значимые, >30 т	2451	1617	2257	1730	1	43	99	57		31				
из них СССР	1991	996	1885	1418			90	32						
из них РФ	460	621	464	409	1	43	8	26		31				
Комплексные золотосодержащие	677	769	523	343	829	145	107	159	14	22	9	86	4	6
в т.ч. наиболее значимые, >30 т	606	646	410	275	781	118	56	117				49		
из них СССР	2	183	410	152	781	118	56	0,4				49		
из них РФ	604	463		122				117						
Россыпные	672	107	136	73	12	2	65	11	44	1	0,03	0,02		

Примечание.* Если не указано особо – округлено до целых; ** в 2021 г. на Госбаланс поставлено значимое собственно золоторудное месторождение им. Б. К. Михайлова с запасами кат. ABC_1 8,2 т, C_2 69,8 т (в таблице не учтено).

«ГКЗ» № 3907 от 31.12.2014, приложение 1, с. 30) вызвано определением содержаний золота, серебра и рения, по данным группового опробования, в отличие от меди и молибдена, средние содержания которых подсчитаны методом средневзвешенного на мощность по данным рядового опробования. Относительно слабый прирост запасов на «старых» месторождениях объясняется исчерпанием потенциала дальнейшего значимого прироста их запасов, причём в ряде случаев в них происходит списание балансовых запасов в забалансовые (см. рис. 6, Б), что может объясняться их несоответствием современным экономическим условиям хозяйствования.

Основной прирост запасов золота категории ABC_1 в комплексных месторождениях обеспечен за счёт разведки медных месторождений различного промышленного типа, что обусловлено относительно высоким уровнем цены меди, среднее значение за 2005–2020 гг. составило 6462 долл. за тонну (см. рис. 6, В). На этом рисунке также видно, что влияние фактора цены золота на подготовку балансовых запасов на комплексных месторождениях отчётливо не прослеживается. Это свидетельствует о том, что извлекающееся попутно золото рассматривается недропользователем как дополнительный источник будущего дохода, однако обладающий меньшей товарной ценностью по сравнению с основными компонентами (медь, никель и др.) из-за различных причин (меньший процент извлечения, необходимость создания соответствующих перерабатывающих мощностей и др.). Отдельные пиковые значения содержаний золота в рудах комплексных месторождений в отдельные годы обусловлены постановкой на учёт запасов месторождений с более богатыми рудами, при отсутствии в этот период поставленных на баланс запасов объектов с рядовыми содержаниями золота.

В результате анализа МСБ золота в собственно золоторудных и комплексных золотосодержащих месторождениях установлена отчётливая тенденция возрастания в общих балансовых запасах доли запасов непромышленной категории C_2 (см. рисунки 3, А и 5, А). Так, в собственно золоторудных месторождениях доля запасов категории ABC_1, достигнув максимума в 2008 г. (67 %), снизилась до 55 % к 2021 г., а в комплексных месторождениях доля запасов категории ABC_1 с 72 % в 2006 г. снизилась до 58–59 % к 2019–2020 гг. Это свидетельствует об ухудшении качественной составляющей МСБ золота, что необходимо учитывать при долгосрочном прогнозировании её состояния.

Рис. 3. Динамика суммарных запасов золота кат. $ABC_1 + C_2$ собственно золоторудных месторождений (А) и их прирост за счёт всех причин (Б)

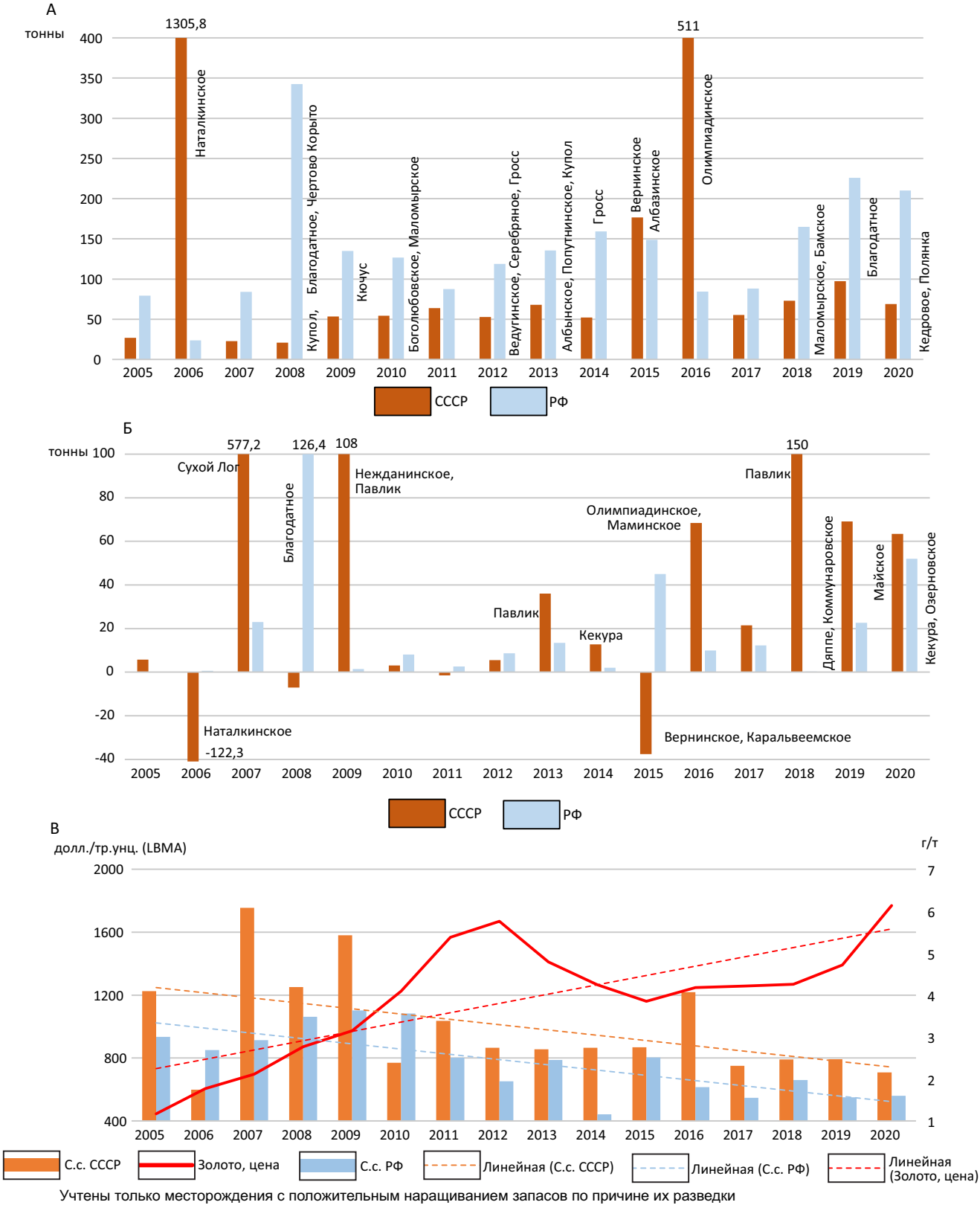
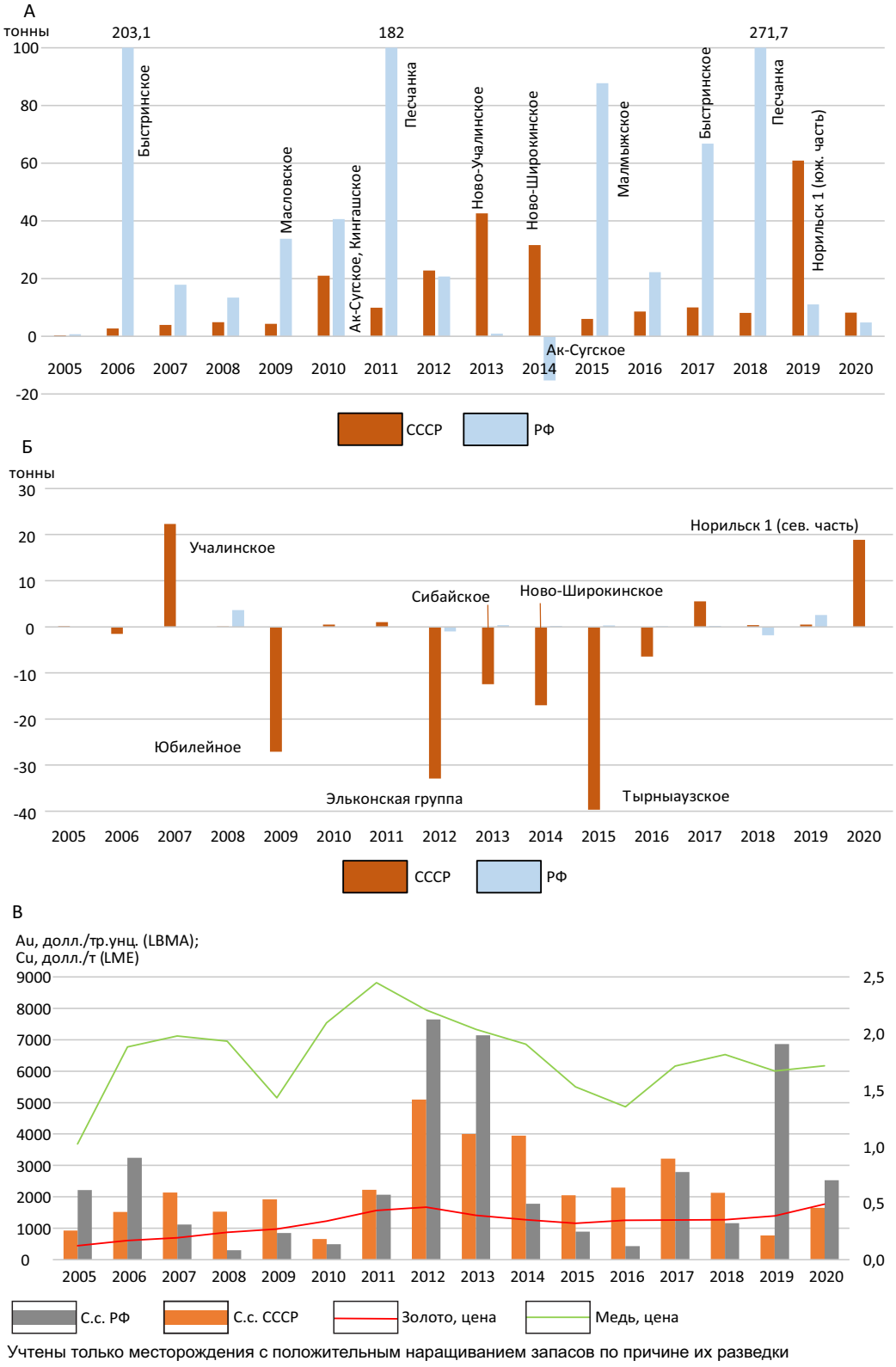


Рис. 4. Особенности воспроизводства балансовых запасов собственно золоторудных месторождений, отнесённых к СССР и РФ:

А – категория ABC_1 по причине разведки; Б – категория ABC_1 по причине переоценки; В – средние содержания золота в приращенных запасах категории ABC_1 в сопоставлении со среднегодовой ценой золота

Данные на 2021 г. на основе протоколов ФБУ «ГКЗ». Список месторождений, обеспечивших основной вклад в прирост

Рис. 5. Динамика суммарных запасов золота кат. $ABC_1 + C_2$ комплексных золоторудных месторождений (А) и их прирост за счёт всех причин (Б)



Учтены только месторождения с положительным наращиванием запасов по причине их разведки

Рис. 6. Особенности воспроизводства балансовых запасов комплексных золотосодержащих месторождений, отнесённых к СССР и РФ:

А – категория ABC_1 по причине разведки; Б – категория ABC_1 по причине переоценки; В – средние содержания золота в приращенных запасах категории ABC_1 в сопоставлении со среднегодовой ценой золота и меди

2. Структура воспроизводства запасов рудного золота на «новых» месторождениях в основных субъектах РФ в 2005–2020 гг.

Субъект Федерации	Количество месторождений, поставленных на учёт		Балансовые запасы месторождений, впервые поставленных на учёт, т				Прирост балансовых запасов за 2005–2020 гг., т
	2005–2020	Среднее за год	Всего	Min	Max	Среднее	
Красноярский край	28	1,8	554,8	0,31	222,4	21,3	953,8
Забайкальский край	24	1,5	536,9	0,13	236,2	22,4	695,2
Амурская область	20	1,3	218,7	0,50	72,8	12,2	480,9
Иркутская область	19	1,2	170,9	0,47	46,1	9,0	175,0
Свердловская область	17	1,1	38,4	0,11	11,5	2,3	46,6
Хабаровский край	16	1,0	392,7	0,11	278,1	24,6	505,5
Республика Саха (Якутия)	16	1,0	312,2	0,37	175,3	19,6	441,4
Магаданская область	15	0,9	208,0	0,66	108,2	14,9	214,4
Республика Башкортостан	10	0,6	11,0	0,13	5,1	1,3	17,7
Камчатский край	9	0,6	94,5	0,32	34,6	10,5	117,4
Оренбургская область	8	0,5	73,8	0,02	44,3	9,3	78,0
Чукотский АО	7	0,4	387,1	1,50	233,8	55,6	657,7
Челябинская область	5	0,3	53,3	0,42	31,2	11,3	95,6
Республика Тыва	5	0,3	92,9	2,52	55,7	18,8	122,3
Республика Бурятия	5	0,3	20,0	0,34	11,6	4,0	26,9
Республика Хакасия	4	0,3	13,3	1,2	8,9	4,4	16,2
Кемеровская область – Кузбасс	2	0,1	2,4	0,62	1,8	1,2	2,4
Итого	210		3181				4647

В табл. 2 показано распределение «новых» золоторудных месторождений по субъектам РФ, поставленных на государственный баланс в 2004–2020 гг. Ведущим субъектом по количеству «новых» месторождений, их общим и средним запасам, а также приросту является Красноярский край. В числе ведущих по приросту балансовых запасов также отмечаются Забайкальский и Хабаровский края и Чукотский АО. Сравнение же этого прироста и количества «новых» месторождений по субъектам РФ показывает, что решающим для прироста запасов является не количество, а размер месторождений: так, Чукотский АО, где за этот период подготовлены балансовые запасы всего на семи «новых» месторождениях, за счёт двух крупных по запасам месторождений (Купол и Песчанка), и Хабаровский край за счёт Малмыжского месторождения оказались в группе лидеров (см. рис. 7 и табл. 2).

История открытия «новых» золоторудных месторождений. Рассмотрение истории открытия месторождений, кроме собственно исторического аспекта, важно с точки зрения хотя и условной, но всё же статистической оценки длительности проведения геологоразведочных работ от момента «поднятия первого камня» до постановки запасов на государственный баланс.

Результаты такого анализа показаны нами в табл. 3, в которой приведены данные о дате постановки запасов на государственный баланс, хронологии изучения этих объектов и годах, прошедших с момента выявления объекта (в некоторых случаях – и с момента завершения поисковых работ) до постановки запасов на баланс. Анализ проведён по семи наиболее крупным собственно золоторудным и комплексным золотосодержащим объектам, расположенным в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах (см. рис. 1).

В качестве иллюстраций к табл. 3 мы приведём копии некоторых документов (ключевые аспекты) по месторождениям: Быстринское *(Ковалев В. П.*

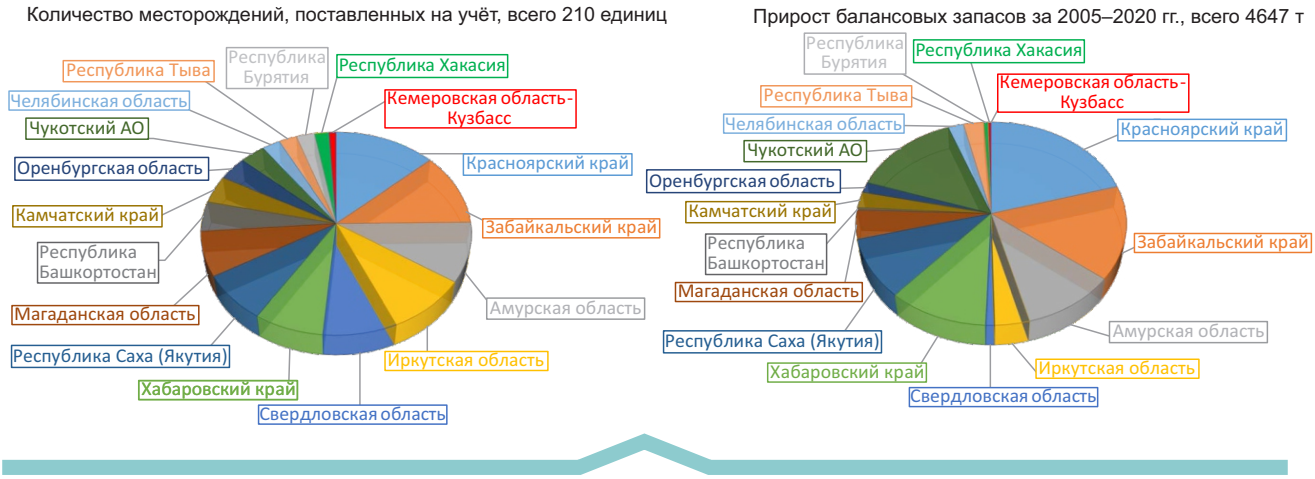


Рис. 7. Количественные показатели воспроизводства запасов рудного золота «новых» месторождений в основных субъектах РФ в 2005–2020 гг.

Геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых Читинской области по состоянию на 01.01.1998 г. Медь, никель, кобальт. ГГУП «Читагеолсъемка». Чита. 1998); Песчанка *(Мигачёв И. Ф. (научный руководитель); Шишаков В. Б., Мараева Р. Н. и др. (авторы). Отчёт о НИР «Оценить перспективы восточных районов СССР на медно-порфировые руды и обосновать направления ГРР», Оценка перспектив центральной части Баимской металлогенической зоны на медно-порфировое оруденение. ЦНИГРИ, Анюйская геологоразведочная экспедиция. Москва. 1986 ф)* и Малмыжское *(Ловягин В. А. Разбраковка и оценка геохимических аномалий в южной части Хабаровского края. Отчёт Бамского-2 отряда о ревизионно-оценочных геохимических работах на территории Хабаровского края на площади листов N-52-Б, Г; N-53-А, Б, В, Г; N-54-А,В, Г; M-52-Б, Г; M-53-В, Г; L-52-Б; L-53-А, Б за 1988–1991 гг. «Дальгеология», Хабаровская ПСЭ. Хабаровск. 1991).*

3. История открытия и изучения месторождений рудного золота в России

Название месторождения	Дата постановки запасов на баланс	История изучения	Годы от выявления (от завершения поисковых работ)
Собственно золоторудные			
Попутнинское, Красноярский край	2013 г. (ГКЗ, временные кондиции, поставлены запасы золота); 2018 г. (ГКЗ, временные кондиции, корректировка кондиций, поставлены запасы серебра)	1886 г. – выявление рудного золота. 1958 г.; 1974–1975 гг. (А. Т. Бычков) – поисковые работы; 1976–1977 гг. (А. М. Кулясов) – поисково-оценочные работы: оценены запасы кат. C_2 по Центральному участку 23,2 т при 7,7 г/т, отнесены к прогнозным, в ГКЗ не представлялись; прогнозные ресурсы – 58,6 т; 1978–1980 гг. – детальные поиски. (И. П. Ашаров), оценены запасы кат. C_2 (бал.) – 12,5 т при 4,8 г/т, забал. – 5 т; отнесены к прогнозным, в ГКЗ не представлялись; на 01.01.1988 г. – утверждены НТС Мингео СССР ресурсы 5 т Au; 2005–2012 гг. – разведка (2005–2007 гг. ЗАО «Полюс», с 2007 г. ООО «Красноярское ГРП»)	127 (55)

Продолжение табл. 3

Название месторождения	Дата постановки запасов на баланс	История изучения	Годы от выявления (от завершения поисковых работ)
Благодатное, Красноярский край	2005 г. (ГКЗ, постоянные кондиции); 2008, 2019, 2020 гг. (ГКЗ, ТКЗ, пересчёт запасов золота);	1966–1967 гг. – выявлено КГУ при заверке вторичных ореолов рассеяния мышьяка; 1973–1976 гг. – КГУ, (В. С. Гонтарь), оценены прогнозные ресурсы северной части месторождения в 36,6 т Au при ср. сод. 1,5 г/т; на 01.01.1988 г. – утверждены НТС Мингео СССР ресурсы кат. P_1 30 т Au; 2000–2004 гг. – оценочные работы, ЗАО «Полюс»	38
Маломырское, Амурская область	2009 г. (ГКЗ, постоянные кондиции); 2010, 2015, 2016, 2018 и 2020 гг. (ГКЗ, ТКЗ, переоценка, пересчёт запасов)	1970 г. – поисковые работы (В. Н. Лебедев); 1978–1982 гг. – поисково-оценочные работы; на 01.01.1988 г. – утверждены НТС Мингео СССР ресурсы кат. P_2 19 т Au по Маломырскому месторождению; 1990–1993 гг. – поисково-оценочные работы, оценка запасов по кат. C_2 в 47,5 т Au, из них Маломырское месторождение 45,1 т, Кварцитовое месторождение 2,4 т. НТС Амургеолком, протокол от 28.01.1994 г.; 2004–2010 гг. – разведка (ГКЗ в 2009 и 2010 гг.), ЗАО «Маломырский рудник»	39
Гросс, Республика Саха (Якутия)	2012 г. (ГКЗ, временные кондиции, поставлены запасы золота и серебра); 2014, 2017 гг. (ГКЗ, постоянные кондиции, пересчёт запасов)	1976–1981 гг. – ТУГРЭ при производстве геологосъёмочных и ПР в южной части Угуйского грабена выявлено рудопроявление Гросс; низкие содержания не позволили отнести его к перспективным; 1990–1991 гг. – ЯПГО, поисковые работы, оценка прогнозных ресурсов кат. P_3 рудопроявления Гросс 48,4 т; 2005–2007 гг. – поиски, выделена и прослежена с поверхности основная рудная зона; 2010 г. – оценка (Ю. А. Зубков) запасов по кат. C_1 и C_2 рудопроявления Гросс, 20,591 т золота при ср. сод. 1,1 г/т, и 83,2 т серебра при ср. сод. 1,3 г/т; запасы Госэкспертизой не апробировались; 2010–2012 гг. – поисково-оценочные работы, ООО «Нерюнгри-Металлик»	31
Купол, Чукотский АО	2005 г. (ГКЗ, временные кондиции, подсчёт запасов); 2007 г. (постоянные кондиции), 2008, 2015, 2017, 2019 и 2020 гг. (подсчёт запасов ГКЗ, ТКЗ)	1993–1999 гг. – геохимические работы, опережающая съёмка по потокам рассеяния, м-ба 1:200 000, Анюйское ГГГП (В. В. Загоскин) – месторождение открыто в 1997 г. на месте известного с 1963 г. рудопроявления Оранжевое; 1998–2004 гг. – поисковые и поисково-оценочные работы (ЗАО «Чукотская ГГК»); 2004–2007 гг. – разведка (ЗАО «Чукотская ГГК»)	8

Продолжение табл. 3

Название месторождения	Дата постановки запасов на баланс	История изучения	Годы от выявления (от завершения поисковых работ)
Кедровое, Магаданская область	2020 г. (ГКЗ, временные кондиции, поставлены запасы золота и серебра)	1954 г. – обнаружены коренные источники золота, представленные кварцевыми жилами, минерализованными зонами дробления и изменёнными дайками порфиритов с содержанием золота до 3 г/т (Л. В. Анфилов); 2006 г. – геолого-поисковые работы ООО «Станнолит», выявлены признаки крупнообъёмного слабоэродированного месторождения (линейный участок штокверкового сульфидно-кварцевого прожилкования); 2009–2012 гг. ООО «Станнолит», ЦНИГРИ – ресурсы кат. P_1 – 129,3 т, P_2 – 53 т золота (суммарно по участкам, Петух (в н. в. Кедровое), Становое и Верхнее); на 01.01.2014 – рудопроявление Петух (Кедровое), оценка по результатам ГРР, апробация ЦНИГРИ, прогнозные ресурсы кат. P_1 золото 73 т (кондиционные), 22 т (некондиционные); 2017–2019 гг. – поисковые и оценочные работы ООО «Новая рудная компания»	66 (14)
Угахан, Иркутская область	2014 г. (ГКЗ, постоянные кондиции, поставлены запасы золота и серебра)	1979, 1980 гг. рудопроявление месторождения Угахан выявлено при проведении геохимических работ (Кочнев, 1979; Фалилеев и др. 1980); 1983 г. – поисково-оценочные работы, прогнозные ресурсы (серия зон) кат. P_2 оценены в 14 т при ср. сод. 3,8 г/т; 2008–2010 гг. – поисково-оценочные работы, ЗАО «Сибирская ГК» установлена промышленная золотоносность рудных зон Основная, Нижняя и Верхняя, прогнозные ресурсы кат. P_1 – 7,1 т, P_2 – 48,6 т	35
Комплексные золотосодержащие месторождения			
Ак-Сугское, Республика Тыва	2010 г. (ГКЗ, временные кондиции, поставлены запасы меди, золота, серебра, молибдена, рения); 2014 г. (ГКЗ, постоянные кондиции, подсчёт запасов)	1952 г. – поиски, ВИМС (Н. Е. Костин и Г. В. Махин); вскрыта рудная зона мощностью 250 м со ср. сод. меди 0,88 %; 1961–1964 гг. – Н. Н. Стамборовский и О. И. Пятов, металлометрическое опробование, проходка двумя магистральными канавами – первая авт. оценка прогнозных ресурсов меди без кат. 400 тыс. т; 1965 гг. – поисковые работы: детальные (ПОР) 1965 г.: 3 скв. глубиной до 270 м, мелкие шурфы, канавы; 1978–1981 гг. – детальные поиски: фланги и глубокие горизонты, бурение; 1982–1985 гг. – разведка, авторские запасы (В. И. Забелин) C_2, C_1, P_1 – НТС Тувинская экспедиция – Cu 4,2 млн т, Mo 114,7 тыс. т, Au 125,7 т, Ag 794,7 т; 1986 г. – ЦКЗ ПИ Минцветмет СССР, временные кондиции, отклонены; 2006–2008 гг. – разведка (доизучение), ООО «Голевская горнорудная компания»	58

Продолжение табл. 3

Название месторождения	Дата постановки запасов на баланс	История изучения	Годы от выявления (от завершения поисковых работ)
Кингашское, Красноярский край	2002 г. (ТКЗ, временные кондиции, поставлены на баланс запасы меди, никеля, кобальта); 2010 г. (ГКЗ, постоянные кондиции, учтены запасы МПГ, золото, серебро)	1964 г. – поисковые работы, КГУ, Н. Г. Дубинин (ГКМ в 1963 г.); 1995–1997 гг. – поисково-оценочные работы; 1999–2002 гг. – поисково-оценочные работы, ОАО «Красноярскгеология», постановка на баланс запасов кат. C_2 (тыс. т) Ni 849,5, Cu 362,4, Co 37,1, Pt, Pd, Au и Ag оценены в прогнозных ресурсах кат. P_1: Pt 42,2 т, Pd 49,1 т, Au 18,4 т, Ag 157,6 т; 2007–2009 гг. – разведка (ООО «Геокомп» (ООО «Кингашская ГРК»)	39
Култуминское, Забайкальский край	2008 г. (ГКЗ, временные кондиции, подсчёт запасов меди, золота, серебра, железа); 2014 г. (ТКЗ, прирост запасов на северо-западном фланге)	1799 г. – открыты Преображенское месторождение и Култуминский прииск серебросвинцовых руд; 1938 г. – открытие месторождения, ЧГУ (В. В. Мелиоранский); 1960 г. – поисковые работы (И. М. Адельсон, ГКМ). Оконтурены ореолы золотоносного делювия и геохимические аномалии Cu, As, Mo, Bi, Pb, Zn и др., пространственно связанные с Култуминской интрузией (отнесены к рудным полям Au-Mo-Cu-порфировой формации); на 01.01.2002 г. – оценка прогнозных ресурсов (НТС КПР Читинской области) кат. P_3 меди 2000 тыс. т, золота 500 т, серебра 3000 т; кат P_2 меди 800 тыс. т, золота 150 т, серебра 1200 т; 2005–2006 и 2007–2008 гг. – поисково-оценочные работы ООО «ГРК «Быстринское» и ООО «Востокгеология»	70 (48)
Быстринское, Забайкальский край	2006 г. (ГКЗ, постоянные кондиции, поставлены запасы меди, золота, серебра, железа). 2017 г. (ТКЗ, прирост запасов)	1830 г. – открытие полиметаллического рудопроявления гор. Святой мыс в пределах Быстринского рудного поля; 1933–1936 гг. – А. А. Деминым отрыто медно-шеелитовое рудопроявление Малый Медный Чайник; 1950–1956 гг. – разведаны рудопроявления Верхне-Ильдиканское магнетитовое, Малый Медный Чайник, Восточное медно-шеелитовое и др. (Газимурская экспедиция); на 01.01.1988 г. утверждены НТС Мингео СССР 64 т Au кат. P_2 Быстринское р.п.; 1988–1991 гг., 1993 г. – поисковые работы, Родственная партия (С. П. Усов), подсчитаны прогнозные ресурсы меди, золота, серебра, протокол ТКЗ Читагеолкома № 27 от 21.12.1993 г., учтены по Читинской области в рамках оценки региона по состоянию на 01.01.1998 г.; на 01.01.1998 г. – апробация ЦНИГРИ, 2002 г. – учёт НТС МПР ПР и ООС МПР России по Читинской области прогнозные ресурсы кат. P_2: медь 253 млн т руды, 3650 тыс. т меди, золото 132 т, серебро 2624 т; в 2005–2006 гг. – поисково-оценочные работы (Ю. Ф. Харитонов, А. В. Кузнецов и др.) ООО «ГРК «Быстринское» (ПАО ГМК «Норникель»)	70 (50)

Окончание табл. 3

Название месторождения	Дата постановки запасов на баланс	История изучения	Годы от выявления (от завершения поисковых работ)
Иканское, Амурская область	2015 г. (ГКЗ, временные кондиции, поставлены запасы меди, золота, серебра, молибдена)	1978 г. – открытие рудопроявления (Н. Г. Коробушкин – маршруты, канавы, скважины), ГКМ учтено как рудопроявление; 2004–2005 гг. – поисково-оценочные работы (В. С. Дмитренко, А. Н. Гагаев и др.), авторский подсчёт запасов C_2 и прогнозных ресурсов P_1 Au, Cu, Mo: Cu 225,2 и 119,4 тыс. т, Mo 3,3 и 0,6 тыс. т, Au 27,8 и 17,2 т (протокол Амурнедра от 23.12.2005 № 771); 2007–2009 гг. – поисково-оценочные работы, ООО «Амурмедь», авторская оценка до глубины 300 м (протокол Амурнедра от 15.02.2010 № 925) прогнозные ресурсы кат. P_1: Cu 1743 тыс. т, Mo 68,2 тыс. т, Au 232,7 т	37
Малмыжское, Хабаровский край	2015 г. (ГКЗ, временные кондиции, поставлены запасы: медь и золото); 2021 г. (ГКЗ постоянные кондиции, медь, золото, серебро (впервые учтено))	1960 г. – поиски россыпного золота (Г. Е. Усанов), выявлена золотоносность аллювия нескольких рек и потоки рассеяния меди и бария; 1970–1971 гг. – заверка заявок местных жителей (О. И. Тухас): выявлено пять протяжённых зон с золото-медной и свинцовой минерализацией; 1974–1976 гг. – поисковые работы на рудное золото (В. С. Чернявский): выявлены золотоносные вторичные кварциты и кварцевые прожилково-сетчатые зоны; высказано предположение о наличии зон вторичного сульфидного обогащения на глубине 70–90 м; 1991 г. – тематические работы (В. А. Ловягин); при разбраковке геохимических аномалий указал на площадь как на наиболее перспективный объект для выявления молибден-медно-порфировой минерализации; рассчитанные по геохимическим материалам прогнозные ресурсы меди составили 5885 тыс. т, золота 16,1 т и молибдена 30,6 тыс. т; в дальнейшем перспективы площади на «порфировый» тип озвучивались также в работах В. А. Кондратьевой (1992), Ю. П. Змиевского (1999), М. В. Мартынюка (2000); 2007–2009 г. – поисковые работы ООО «Амур Минералс», авторская оценка прогнозных ресурсов кат. $P_1 + P_2$ до глубины 300 м, около 2,5 млн т меди; 2008–2014 гг. – оценочные работы ООО «Амур Минералс»	44 (39)
Песчанка, Чукотский АО	2011 г. (ГКЗ, временные кондиции), 2012 г. (ГКЗ, подсчёт запасов меди, молибдена, золота, серебра); 2018 г. (ГКЗ, постоянные кондиции, подсчёт запасов)	1960 г. – А. С. Скалацкий (Севвостгеология, Анюйская ГРЭ, Верхне-Баимская ГСП) установил наличие меди в штуфных пробах до 2 % и более; Г. И. Сокиркин (Севвостгеология, Песчаный ПРО) дал оценку рудных проявлений, 1960 (ГКМ); 1986 г. – И. Ф. Мигачёв, В. Б. Шишаков, ЦНИГРИ, Анюйская ГРЭ «Оценка перспектив центральной части Баимской металлогенической зоны на медно-порфировое оруденение» – оценка прогнозных ресурсов меди кат. P_1 – 7500 тыс. т, P_2 – 2785 тыс. т; 2009–2011 гг. – оценочные работы ООО «ГДК Баимская»	51 (25)

Таблица 5.7

Прогнозные ресурсы P_2 меди, золота, серебра на Быстринском рудном поле

Наименование участка (зоны)	Площадь блока, кв.км	Мощн. рудного тела, м	Глубина прогноза, м	Коэфф. рудоносн.	Объемная масса, т/м3	Объем горной массы, тыс.т	Ресурсы руды, тыс.т	Содержание: Медь, %	Содержание: Золото, г/т	Содержание: Серебро, г/т	Содержание: Медь услов., %	Ресурсы: Медь, млн.т	Ресурсы: Золото, т	Ресурсы: Серебро, т	Ресурсы: Медь усл., млн.т
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
Быстринский 2	2,0	30,6	400	0,7	3,0	184000	128800	1,82	0,64	18,7	-	2,2	77	2390,5	-
Быстринский 3	1,6	I2,8	400	0,5	3,0	32560	16280	0,65	0,53	1,43	-	0,106	8,5	23,5	-
Малый Медный Чайник	0,64	I2,4	400	0,5	3,0	23808	11904	2,29	0,70	9,60	-	0,272	8	II4	-
Верхне-Ильдиканский	1,4	45,9	400	0,5	3,0	192000	96000	1,31	-	-	-	1,255	38,5	96	
Всего по рудному полю	-	-	-	-	-	432370	252984	1,51	0,53	8,8	1,782	3,833	132	2624	-

Всего руды по рудному полю - 252984 тыс.т

Рекомендуемые геологоразведочные работы по стадиям и очередности:

- предварительная разведка глубоких горизонтов Удоканского месторождения;
- совмещенная предварительная и детальная разведка участков Контактовый и Рудный Чинейского рудопроявления;
- поисково-оценочные работы на рудопроявлении Быстринская 2;
- общие поиски на рудопроявлениях Малый Медный Чайник и Верхне-Ильдиканская.

Рис. 8. Фрагменты отчёта «Геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых Читинской области по состоянию на 01.01.1998 г.» (В. П. Ковалев, 1998)

Согласно данным В. П. Ковалева, в 1988–1991 гг. на Быстринском рудном поле были проведены поисковые работы (С. П. Усов Отчёт Родственной партии…, 1993), подсчитаны прогнозные ресурсы (Протокол рабочей группы ТКЗ Читагеолкома № 27 от 21.12.1993 г.), которые были учтены по Читинской области в рамках оценки региона по состоянию на 01.01.1998 г. Сведения об их параметрах, сопоставимых по масштабу с текущими запасами месторождения, представлены на рис. 8. По сравнению с оценкой на начало 1993 г., по результатам анализа поисковых работ, произошло увеличение прогнозных ресурсов компонентов. Кроме того, указаны рекомендации для дальнейших работ по стадиям и очередности по участкам Быстринского рудного поля, дана предварительная краткая оценка капитальных затрат и их окупаемости на промышленное строительство.

Отдельно следует отметить, что, по данным ФГИС «АСЛН», последовательно во времени, с 1993 по 1998 г. (год экономического кризиса и технического дефолта по основным видам государственных ценных бумаг РФ [4]), на Быстринском рудном поле действовали две

Таблица 5.I

Прогнозные ресурсы по категориям P_I и P_2

Месторождения рудного поля и поисковые участки	Прогнозные ресурсы (тыс.т меди): категория P_I	Прогнозные ресурсы (тыс.т меди): категория P_2	Стадия проведенных работ
Песчаниковского типа			
Месторождение Песчанка	6000		Поисково-оценочная
Песчаниковское рудное поле		250	Поисковая
Бидечыгское рудное поле		720	Общие поиски
Лучковское рудное поле		420	Общие поиски
Находкинского типа			
Месторождение Находка	I500		Начало поисково-оценочной
Поисковый участок 3-й Весенний		I220	Поисковая
Поисковый участок Малый		I75	Общие поиски
Итого:	7500	2785	

Рис. 9. Фрагмент отчёта «…Оценка перспектив центральной части Баимской металлогенической зоны…» (И. Ф. Мигачёв и др., 1986)

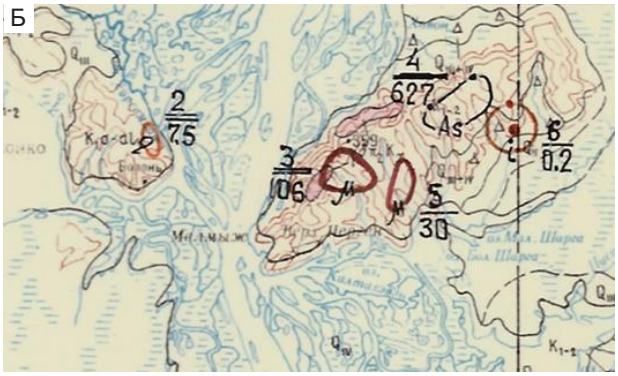
А

Расчет прогнозных ресурсов геохимических аномалий, их классификации и оценка

М-53-Г

Номер и вид аномалии	Ландшафтная зона экспозиция (порядок)	Плотность пр/км2 общая аном.	Площадь геохим. аномалии (Q) км2	Среднее содержание элементов (C), г/т	Продуктивность (q) т	Ранжированный ряд по элементам (Р/Ср)	Уровень эрозионного среза (А)	Расчетная глубина прогноз. (Нр), м	Прогнозные ресурсы (Q) т.т. (Ag.т.)	Сведения об аномалии: геологическая ситуация;, гидротермальные изменения; результаты заверочных работ; ореолы авторов (классификация и оценка); номера фондовых материалов.	Ранжированный ряд по результатам опробования; классификация	Оценка и рекомендации
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
3 группа потоков рассеяния	8/2 (I)	7/3 7/6	0,9 8,0	золото-0,03 молибден-30 цинк-750 медь-750	Au-0,08 Mo-I065 Zn -I440 Cu-32704	Mo-888 Cu-8I8 Au-I9I Zn- 32		I00	Mo- 06 (I3I) Cu-3270 Au-8 Zn-I44	Территенно-осадочные породы мела, прорванные штоком кварцевых диоритов, дайками кислого и среднего состава; окварцевание, хлоритизация, пиритизация; в шлихах золото (от зн. до весовых содержаний); поля вторичных кварцитов и в них протяженные (до 3,7км) прожилково-сетчатые зоны кварцевой минерализации, а также кварцевые жилы, вмещающие слабую золотую минерализацию (до 5г/т), на юге аномалии установлен вторичный ореол золота(0,08г/т),площадью 0,2км2, который заверялся линией шурфов, золотой минерализации не обнаружено; участок МАЛМЫЖ; I7994	медно-молибденовая порфировая рудная формация	аномалия высокоперспективная на поиски медно-молибденовых руд порфировой формации
4 группа вторичных ореолов	8/2 (2)	8/6	9.I	мышьяк-I500 медь-700	As-I250 Cu-5I460	As-I393 Cu-I286		50	Ag -627 Cu -2600	Территенно-осадочные образования мела; I7994	тип минерализации неясен	перспективность неопределенная
5 группа вторичных ореолов	8/2	нсв/нсв	0,32 0,3 0,I5	золото-0,027 цинк - 295 медь- I06 молибден-I40 серебро-0,43	Au-0,004 Mo-296 Cu-I46 Ag-0,04 Zn-43	Mo-2I6 Au-I0 Cu-4 Ag - I Zn - I		I00	Mo-30 (I2) Au -0,4 Cu-I5 Ag-0,004 Zn- 4	Осадочные образования мела, прорванные кварцевыми диоритами позднего мела; окварцевание, хлоритизация, пиритизация; кварцевые жилы мощностью I,Iм, содержащие золото (0,I-3г/т) участок Малмыж; заслуживает изучения; I7994	медно-молибденовая порфировая формация	аномалия высокоперспективная, рекомендуется к изучению совместно аном.3
6 вторичный ореол	8/2	нсв/I6	0,26	золото-0,027	Au-0,003			50	Au-0,2	Вторичные кварциты в зоне экзонтакта, позднемелового интрузива кварцевых диоритов; окварцевание, хлоритизация, пиритизация; заслуживает изучения; I7994	золоторудная формация неопределенная	перспективность неопределенная

Б



Примечание. Прогнозные ресурсы меди – 5885 тыс. т., золота – 16,1 т и молибдена – 30,6 тыс. т

Рис. 10. Фрагмент отчёта «Разбраковка и оценка геохимических…» (Ловягин В.А.., 1991ф), оценка прогнозных ресурсов (А) и схема размещения геохимических аномалий (Б)

разведочные лицензии: частное производственно-коммерческое предприятие «Флора» и ОАО «Золотодобывающая компания Лугоканское». Однако сведений о факте проведения работ и возможных полученных результатах, по данным ФГБУ «Росгеолфонд», не имеется.

По месторождению Песчанка мы демонстрируем копию таблицы указанного выше отчёта ЦНИГРИ (И. Ф. Мигачёв и др.) за 1986 г. с оценкой прогнозных ресурсов меди категорий P_1 и P_2, близкой к объёмам поставленных на баланс запасов (рис. 9).

По Малмыжскому месторождению мы представляем результаты работ В. А. Ловягина – карту прогнозных площадей и результаты оценки прогнозных ресурсов меди, золота и молибдена, близкие к таковым по результатам разведочных работ (рис. 10). Также на рис. 11 приведены выводы ВСЕГЕИ в Объяснительной записке к геологической карте масштаба

Малмыжский золоторудно-россыпной узел (8.0.1.Au) находится вне рудных районов в южной части Нижнеамурской минерагенической зоны. Площадь узла (360 км^2) сложена песчаниками и алевролитами горнопротокской и пионерской свит. Они прорваны небольшими позднемеловыми интрузиями гранодиорит-порфиров и диорит-порфиритов мяочанского (не исключено, что нижнеамурского) комплекса. В пределах узла известно два рудопроявления (Болоньское и Малмыж), россыпь (отработана) и россыпепроявление золота.

Болоньское рудопроявление связано с зонами жильно-прожилкового окварцевания в алевролитах пионерской свиты, в которых выделяются кварц-серицитовые тела (45–65 × 0,2–2,5 м) с халькопиритом, пирротином, пиритом, арсенопиритом, золотом, аргентитом, сфалеритом, галенитом, висмутином. Содержание золота в них колеблется от 1 до 102,2 г/т (среднее по зонам 12,87–16,65 г/т), серебра — 3–219,5 г/т (среднее 12,7–44,5 г/т), меди — 0,01–3%, свинца — до 1%. Прогнозные ресурсы золота Болоньского проявления по категории P_2 составляют 0,77 т, серебра — 1,5 т [426, 77].

Золотое оруденение проявления Малмыж приурочено к зоне гидротермально-метасоматических изменений в алевролитах, аргиллитах и песчаниках горнопротокской свиты в экзоконтактах малых интрузий и даек кварцевых диорит-порфиритов, гранодиоритов и гранодиорит-порфиров. Зона контролируется северо-восточным разломом. Протяженность зоны до 15 км, ширина до 8 км. В ней выделяются участки вторичных кварцитов (1–8 × 0,2–0,5 км) с прожилками и единичными жилами кварца и густой вкрапленностью сульфидов. Мощность прожилков 0,1–1 см, жил —

306

до 3,5 м, плотность — 50 шт/пог. м, т. е. участки могут представлять собой линейные штокверки. Содержание золота на таких участках 0,5–4,2 г/т. Вместе с золотом встречается медь — 0,1–0,5%, молибден — до 0,1–0,2%. В «Малмыжской» части узла (Малмыжские высоты) почти во всех водотоках присутствует шлиховое золото (1–10 знаков на шлих). По мнению В. И. Шпикермана, Ю. П. Змиевского и др. (2003 г.), здесь можно прогнозировать оруденение молибден-медно-порфировой золотосодержащей рудной формации. Ими же определены прогнозные ресурсы проявления: золота — 50 т, меди — 300 тыс. т. Однако прямыми геолого-поисковыми данными этот тип оруденения в Малмыжском узле пока не подтвержден, в связи с чем достоверность предлагаемых ресурсов может быть подвергнута сомнению.

Рис. 11. Фрагмент объяснительной записки, с. 306–307, лист М-53 [1]

1:1 000 000 листа М-53 [1] о перспективах Малмыжского узла на медь и золото, свидетельствующие о сложности прохождения этого объекта через «горнила» геологических организаций.

Полученные результаты позволяют сделать ряд выводов:

1. Практически все рассмотренные детально объекты (за исключением месторождения Купол) выявлены при СССР, и, таким образом, их отнесение к российским условно – они также представляют собой советский «поисковый задел» (наиболее «продвинутый» в геологическом изучении).

2. Почти у всех объектов от выявления или завершения поисковых работ до постановки запасов на государственный баланс срок составил несколько десятков лет. Даже с учётом «потерянных» 10 лет с 1992 по 2002 гг. – это также десятки лет.

3. По ряду объектов (Гросс, Култуминское, Малмыжское) в связи с низкими содержаниями полезных компонентов действительно считалось нецелесообразным проведение оценочных и разведочных работ в советский период, и поэтому восстановление интереса к их разведке определилось в 2000-е годы в связи с возрастанием цены золота и меди. Однако большинство представленных в табл. 3 месторождений не разведывались в советский период в связи с ограниченными финансовыми возможностями страны и наличием более потенциально экономически благоприятных для отработки объектов.

4. Во времена СССР считалось, что минимальные сроки от выявления рудного объекта до постановки запасов на баланс составляли 12–15 лет (по 3–5 лет на поисковые и поисково-оценочные работы, 5 лет на разведочные и прохождение защиты запасов), чаще 15–20 лет. Приведённые в таблице 3 данные не противоречат этому, более того, очевидно, что наличие различных неблагоприятных факторов дополнительно удлиняет сроки изучения объектов.

5. Соответственно, добыча на разведанных объектах с учётом времени на проектирование, подготовительные работы, строительство и опытно-промышленную эксплуатацию могла начаться ещё через несколько лет (в благоприятном случае). То есть в стандартном варианте при прогнозировании состояния МСБ золота на длительную перспективу необходимо учитывать, что на выявленных новых перспективных рудопроявлениях золота от момента оценки прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 до начала добычи золота сроки составят не менее 10–15 лет, на комплексных золотосодержащих объектах указанные характеристики будут ещё более длительными (большие масштабы месторождений, длительность строительства добывающих и перерабатывающих мощностей и др.).

6. Имеющиеся исключения (месторождение Купол – 8 лет от выявления до постановки запасов на баланс) связаны с особо благоприятными факторами: очень богатыми высокорентабельными рудами, прогнозированием перспективности объекта и проведением геологоразведочных работ высококвалифицированными компетентными российскими специалистами (Н. В. Григорьев и др.), наличием необходимых финансовых ресурсов.

7. Приведённые данные свидетельствуют об излишнем оптимизме по поводу высокой эффективности геологоразведочных работ российского периода. При оценке этого этапа скорее нужно говорить об эффективности заключительного этапа – собственно разведочных работах, успех которых во многом предопределён ГРР при СССР (созданный «поисковый задел»).

8. Таким образом, для предотвращения исчерпания запасов рудного золота в обозримой перспективе очевидна необходимость усиления поисковых работ прежде всего ранних стадий для выявления новых рудопроявлений и подготовки их для оценочных и разведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васькин А. Ф., Дымович В. А., Атрашенко А. Ф., Григорьев В. Б., Зелепугин В. Н., Опалихина Е. С., Шаров Л. А., Леонтьева Л. Ю.* Объяснительная записка к «Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53 Хабаровск». – СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 379 с.
2. *Иванов А. И., Алексеев Я. В., Черных А. И., Наумов Е. А., Куликов Д. А., Тарасов А. С., Конкина О. М., Минькин К. М., Попов И. В.* Благородные металлы Российской Федерации – состояние минерально-сырьевой базы и перспективы ее развития // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 3–25.
3. *Иванов А. И., Черных А. И., Вартанян С. С.* Состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Отечественная геология. – 2018. – № 1. – С. 18–28.
4. *История* российского экономического кризиса 1998 года. [Электронный ресурс]. – URL: https://ria.ru/20130816/956675756.html?ysclid=l2a4by5iao (дата обращения 05.04.2022).

REFERENCES

1. *Vas'kin A. F., Dymovich V. A., Atrashenko A. F., Grigor'yev V. B., Zelepugin V. N., Opalikhina Ye. S., Sharov L. A., Leont'yeva L. Yu.* Ob»yasnitel'naya zapiska k "Gosudarstvennoy geologicheskoy karte Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Dal'nevostochnaya. List M-53 Khabarovsk" [Explanatory note to the State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000 (third generation). Far Eastern series. Sheet M-53 Khabarovsk]. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI, 2009, 379 p. (In Russ.)
2. *Ivanov A. I., Alekseyev Ya. V., Chernykh A. I., Naumov Ye. A., Kulikov D. A., Tarasov A. S., Konkina O. M., Min'kin K. M., Popov I. V.* Blagorodnyye metally Rossiyskoy Federatsii – sostoyaniye mineral'no-syr'yevoy bazy i perspektivy yeye razvitiya [Precious metals of the Russian Federation - the state of the mineral resource base and the prospects for its development]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2022, No. 1, P. 3–25. (In Russ.)
3. *Ivanov A. I., Chernykh A. I., Vartanyan S. S.* Sostoyaniye, perspektivy razvitiya i osvoyeniya mineral'no-syr'yevoy bazy zolota v Rossiyskoy Federatsii [Status, prospects for the development and development of the mineral resource base of gold in the Russian Federation]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2018, No. 1, P. 18–28. (In Russ.)
4. *Istoriya* rossiyskogo ekonomicheskogo krizisa 1998 goda [History of the 1998 Russian economic crisis], available at: https://ria.ru/20130816/956675756.html?ysclid=l2a4by5iao (05.04.2022) (In Russ.)

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10013

УДК 553.411 (671.61)
© В. А. Степанов, А. В. Мельников, 2022

Золоторудное месторождение Снежинка Уркинского рудно-россыпного узла Приамурской провинции

Показано геолого-структурное положение месторождения Снежинка в составе Уркинского рудно-россыпного узла Приамурской золотоносной провинции. Приведены сведения об особенностях геологического строения месторождения, закономерностях размещения рудных тел и составе руд. Рудные тела представлены зонами прожилкового окварцевания, реже карбонатно-кварцевыми жилами среди березитизированных гранитов. В составе рудных минералов, количество которых не превышает первых процентов, отмечаются пирит, халькопирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и самородное золото с пробой в интервале от 772 до 870 ‰. Золотое оруденение парагенетически связано с субвулканическими дайками светлинского комплекса позднетриасового возраста.

Ключевые слова: золоторудное месторождение, березиты, зоны прожилкового окварцевания, самородное золото.

СТЕПАНОВ ВИТАЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник[1], vitstepanov@yandex.ru

МЕЛЬНИКОВ АНТОН ВЛАДИМИРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник[2], Melnikov_Anton1972@mail.ru

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский

[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИГИП ДВО РАН), г. Благовещенск

The Snezhinka gold ore deposit in the Urkinsky ore-placer cluster of the Amur province

V. A. STEPANOV[1], A. V. MEL'NIKOV[2]

[1] Federal State Budgetary Institution of Science Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (NIGTC FEB RAS), Petropavlovsk-Kamchatsky

[2] Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Geology and Nature Management of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (IGIP FEB RAS), Blagoveshchensk

The article is devoted to characteristics of the Snezhninka gold deposit in the Urkinsky ore-placer cluster of the Amur gold-bearing province. It presents information on the structural-geological position and geological features of the deposit, regularities of distribution of the ore bodies, and the ore composition. The ore bodies are represented by zones of quartz-veinlet silicification and, more rarely, by carbonate-quartz veins among beresitized granites. The ore minerals, comprising no more than a few percent of the ore volume, are represented by pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, galena, sphalerite, and native gold with a fineness varying from 772 to 870 ‰. The gold mineralization is paragenetically related to subvolcanic dikes of the Late Triassic Svetlinsky complex.

Key words: gold ore deposit, beresite, zones of quartz-veinlet silicification, native gold.

Месторождение Снежинка находится на западе Амурской области вблизи границы с Читинской, на правобережье руч. Приискательского, правого притока р. Малая Урка. Первые находки кварца с промышленными содержаниями золота в районе месторождения были сделаны И. А. Васильевым и А. Г. Старк при проведении геологического картирования масштаба 1:50 000, а вскрытие канавами первых золотоносных тел березитов осуществлено под руководством В. А. Степанова (А. Г. Старк и др., 1969). В 1995–1998 гг. ТОО «Циркон» на рудопроявлениях Светлое и Снежинка были выполнены поисковые работы на рудное золото в масштабах 1:10 000–1:25 000 (А. Н. Михалевский и др., 1999). В те же годы научно-исследовательские работы в пределах Снежинского рудного поля проводили сотрудники АмурКИИ ДВО РАН (В. А. Степанов и др., 1996, В. Е. Стриха и др., 1997). В 2011–2013 гг. произведены оценочные поисковые работы на коренное золото в пределах Снежинского рудного поля (М. И. Копылов и др., 2012). По результатам разведочных работ были подсчитаны запасы Au и Ag (И. Ю. Емельянов и др., 2017). Балансовые запасы месторождения оцениваются в 2079 кг золота и 3616 кг серебра при среднем содержании золота 3,55 г/т, серебра 6,17 г/т.

Уркинский рудно-россыпной узел. Первоначально проявление Снежинка было отнесено к Уркинскому блоку Сергачинской металлогенической зоны [1]. Гораздо позднее глубинному строению Сергачинской металлогенической зоны и её перспективам была посвящена статья [3]. При детальных исследованиях металлогении золота Приамурья Сергачинская зона была включена нами в состав Уркинского рудно-россыпного узла (РРУ) Янканской металлогенической зоны Приамурской золотоносной провинции [4, 5].

Уркинский РРУ находится на юго-западной окраине Алдано-Станового геоблока Сибирского кратона. Лишь его юго-восточная часть пересекает узкую зону Монголо-Охотской складчатой системы, ограниченную Северо-Тукурингрским и Южно-Тукурингрским разломами, и частично захватывает Амурский композитный массив. Рудно-россыпному узлу отвечает интрузивно-купольное поднятие длительного развития, сложенное преимущественно интрузивными и вулканическими образованиями широкого возрастного диапазона (рис. 1).

В геологическом строении узла принимают участие главным образом интрузивные образования широкого возрастного диапазона – от раннего архея до поздней юры, а также кислые вулканиты чечеткинской свиты позднепермского возраста. К наиболее древним стратифицированным образованиям отнесены нерасчленённые плагиогнейсы, гнейсы и кристаллические сланцы раннего архея, отдельные блоки которых присутствуют в юго-западной и южной частях узла. В южной части узла, в пределах Амурского геоблока ограниченно развиты песчаники и кварциты омутнинской свиты силура. Метапесчаники с прослоями известняков и метаалевролитов бальдижакской толщи среднего палеозоя выполняют узкую структуру Монголо-Охотской складчатой системы северо-восточного простирания на юго-восточном фланге узла. Широким развитием в центральной и особенно северной частях узла пользуются вулканиты чечеткинской свиты поздней перми. Они представлены трахириолитами, трахириодацитами, трахидацитами и риолитами. Небольшое поле трахиандезитов, трахиандезибазальтов и их туфов моховской толщи позднего мела закартировано в юго-восточной части узла.

Формирование многочисленных интрузивных комплексов начинается с внедрения метаморфизованных габбро и габброамфиболитов раннего архея, образующих две небольшие интрузии в северо-восточной части узла. Широко представлен древнестановой интрузивный комплекс раннего архея, сложенный плагиогранитами и гнейсовидными гранитами. Они образуют крупные интрузии в верховьях р. Большой Омутной в юго-восточной части узла. Позднестановой комплекс раннего протерозоя представлен двумя фазами. В первую входят монцониты и монцодиориты, слагающие небольшую, вытянутую в субширотом направлении интрузию на юге узла. Вторая представлена субщелочными гранитами и граносиенитами, крупные интрузии которых развиты в центральной и северо-восточной частях узла. Также двухфазным является урушинский комплекс позднего палеозоя. Интрузии первой фазы слагают габбро, монцогаббро и габбродиориты, второй – гранодиориты и граниты. Интрузии урушинского комплекса широко развиты в юго-восточной части исследуемой территории, в пределах Амурского геоблока. На западном фланге узла отмечаются интрузивы амананского комплекса поздней перми, представленные лейкогранитами, гранитами и кварцевыми сиенитами. Интрузии нерчуганского комплекса раннего триаса, сложенные субщелочными гранитами, лейкогранитами и кварцевыми сиенитами, распространены в северо-западном секторе узла. Схожие по составу массивы почикитского комплекса (субщелочные граниты, лейкограниты, сиениты) среднеюрского возраста расположены в западной части узла. Венчают формирование мезозойских интрузий Уркинского узла диориты и кварцевые монцониты амуджиканского комплекса позднеюрского возраста, интрузия которых расположена в междуречье Урки и Малой Урки.

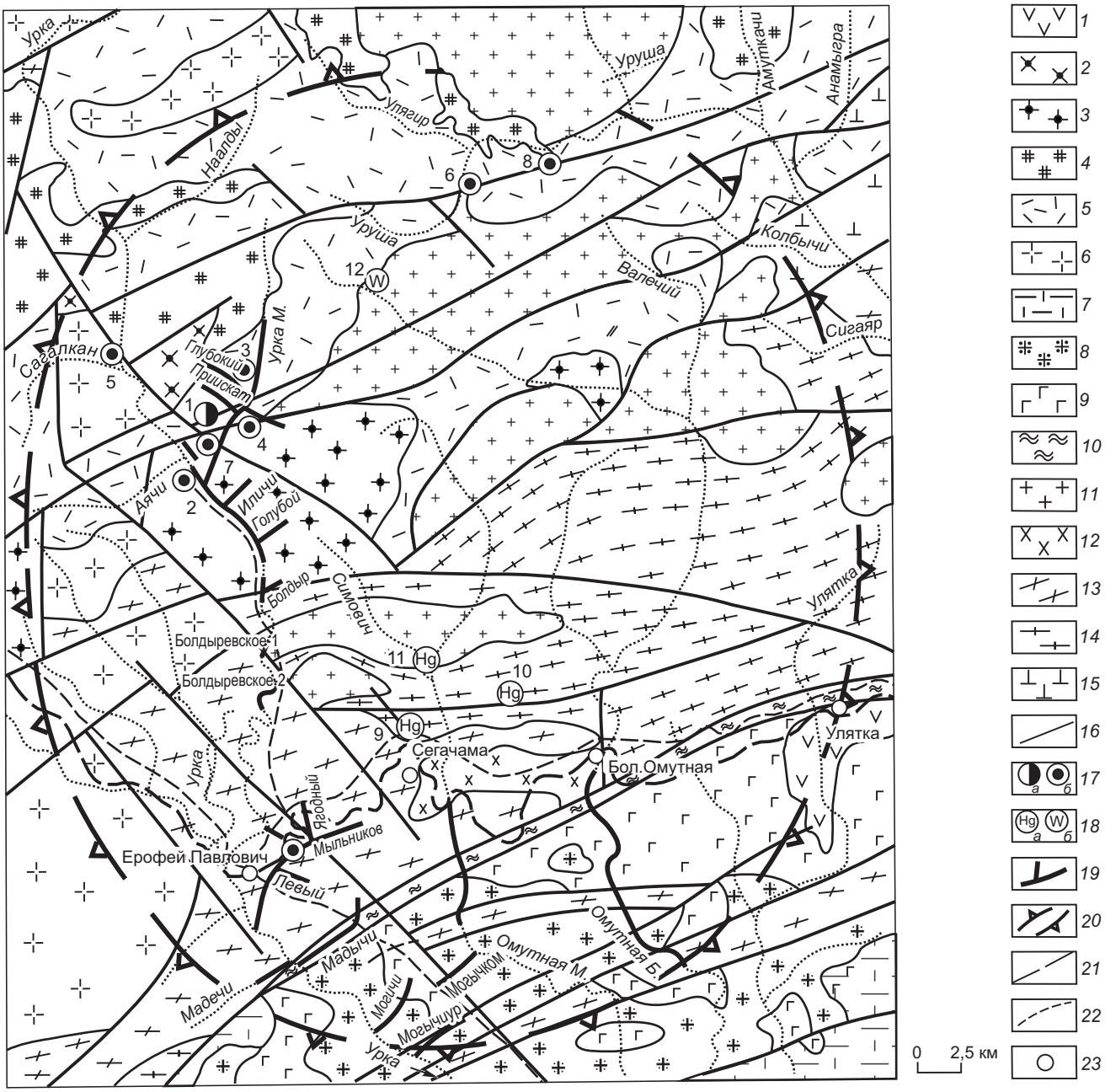


Рис. 1. Уркинский рудно-россыпной узел, геологическое строение. *По Н. Н. Петрук и др., 2001*:

1 – трахиандезиты, трахиандезибазальты, их туфы моховской толщи (K_2); *2* – диориты, кварцевые монцониты амуджиканского комплекса (J_3); *3* – субщелочные граниты, лейкограниты, сиениты почикитского комплекса (J_2); *4* – субщелочные граниты, лейкограниты, кварцевые сиениты нерчуганского комплекса (T_1); *5* – трахириолиты, трахириодациты, трахидациты, риолиты чечеткинской свиты (P_2); *6* – лейкограниты, граниты, кварцевые сиениты амананского комплекса (P_2); *7* – песчаники, кварциты, гравелиты, конгломераты омутнинской свиты (S); *8* – гранодиориты, граниты урушинского комплекса (PZ_3); *9* – габбро, монцогаббро, габбродиориты урушинского комплекса (PZ_3); *10* – метапесчаники, прослои известняков, метаалевролитов бальджикакской толщи (PZ_2); *11* – субщелочные граниты, граносиениты позднестанового комплекса (PR_1); *12* – монцониты, монцодиориты позднестанового комплекса (PR_1); *13* – нерасчленённые плагиогнейсы, гнейсы и кристаллические сланцы (AR_1); *14* – плагиограниты, гнейсовидные граниты древнестанового комплекса нижнего архея; *15* – метаморфизованные габбро, габбро-амфиболиты (AR_1); *16* – разрывные нарушения; *17* – месторождения (*а*) (1 – Снежинка) и проявления (*б*) (2 – Светлое, 3 – Глубокинское, 4 – Наалды, 5 – Сагалкан, 6 – Улягир, 7 – Урка, 8 – Южное) золота; *18* – прочие проявления: *а* – ртути (9 – Сегачама, 10 – Большая Омутная, 11 – Малая Омутная), *б* – вольфрама (12 – Сергеевское); *19* – россыпи золота; *20* – контур Уркинского рудно-россыпного узла; *21* – железная дорога; *22* – автодорога; *23* – населённые пункты

Интрузивные и стратифицированные образования разбиты разломами северо-восточного и субширотного простирания, менее развиты нарушения северо-западной ориентировки. Радиальные разломы делят структуру узла на секторные блоки.

По данным интерпретации результатов донного опробования гидросети в масштабе 1:200 000, на исследуемой площади установлено аномальное геохимическое поле в ранге рудного узла с Au-Fe специализацией. В его пределах прогнозируется выявление оруденения золото-кварцевой формации [2].

В пределах узла находятся месторождение рудного золота Снежинка, проявления золота Светлое, Глубокинское, Наалды, Сагалкан, Улягир, Урка, проявления вольфрама, ртути и других элементов, а также небольшие промышленные россыпи золота в бассейне рек Урки и Малой Омутной.

В северо-западном блоке находятся месторождение Снежинка, проявления золота золото-сульфидно-кварцевой, золото-кварцевой и золото-серебряной формаций. Кроме того, в нём присутствует гюбнерит-сульфидно-кварцевое проявление вольфрама Сергеевское с прогнозными ресурсами трёхокиси вольфрама в 7 тыс. т (В. А. Степанов и др., 1968). С проявлениями золота ассоциируют небольшие россыпи рек Урка, Малая Урка и их притоков. Месторождение Снежинка приурочено к крупной интрузии субщелочных гранитов, лейкогранитов и сиенитов почикитского комплекса.

В южной части узла известны небольшие россыпи золота в низовьях рек Урка, Большая Омутная и Малая Омутная. Коренные источники не выявлены. Ими могут быть проявления золото-сульфидно-кварцевого типа. На их наличие указывает присутствие сульфидизированных и окварцованных гранитоидов в ложе руч. Мыльникова, а в россыпях – арсенопирита, пирита, галенита и висмутина. Кроме того, в этом блоке прогнозируется выявление оруденения золото-ртутной формации, на вероятное обнаружение которого указывают проявления ртути и почти постоянная примесь киновари в россыпях золота [4].

В целом из россыпей Уркинского узла добыто около 2,5 т золота. Золото в основном мелкое, проба его колеблется от 800 до 900 ‰, с небольшими максимумами в пределах 825–850 и 875–900 ‰ (рис. 2). Пробы золота в россыпях и рудопроявлениях Снежинка (840–870 ‰) и Светлое (770–915 ‰) практически совпадают, что свидетельствует об образовании россыпей за счёт размыва известных золотоносных объектов.

Золоторудное месторождение Снежинка. В Снежинском рудном поле расположены месторождение Снежинка и проявления Светлое и Глубокое, кото-

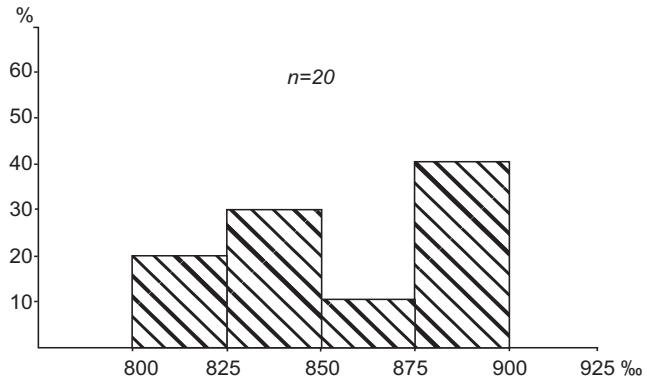


Рис. 2. Гистограмма пробы россыпного золота Уркинского узла

рые приурочены к зоне Малоурканского разлома, вытянутой в северо-восточном направлении на расстояние > 10 км при ширине около одного километра. Площадь месторождения Снежинка сложена порфировидными субщелочными гранитами уркинского комплекса позднетриасового возраста, прорванными субвулканическими дайками светлинского (трахириолиты, трахириодациты, гранит-порфиры, граносиенит-порфиры) и уктунского (монцогаббро-порфириты, монцодиорит-порфиры, спессартиты) комплексов того же возраста [3].

Месторождение Снежинка расположено в пределах интрузивных образований мезозойского возраста (В. А. Степанов и др., 1996, В. Е. Стриха и др., 1997). Среди них преобладают лейкократовые граниты, сменяющиеся в юго-восточной части месторождения диоритами и диоритовыми порфритами, в северо-западной части месторождения отмечается трещинная интрузия сиенитов и сиенит-порфиров (рис. 3). Граниты содержат зоны интенсивного окварцевания, хлоритизации, серицитизации и аргиллизации северо-восточного простирания. Мощность зон гидротермалитов колеблется от десятков до 100–150 м, по простиранию они прослежены от сотен метров до 1–2 км. В них отмечаются маломощные кварцевые жилы и зоны прожилкового окварцевания.

Околорудные метасоматические изменения представлены преимущественно березитизацией и пропилитизацией, реже отмечается аргиллизация пород. Березитизированные породы слагают зоны и обширные поля неправильной формы. Процесс изменения гранитоидов начинается с частичного замещения биотита хлоритом, иногда в ассоциации с серицитом, вплоть до полного замещения биотита. Одновременно с хлоритизацией биотита отмечается развитие тонкочешуйчатого (сотые доли мм) серицита

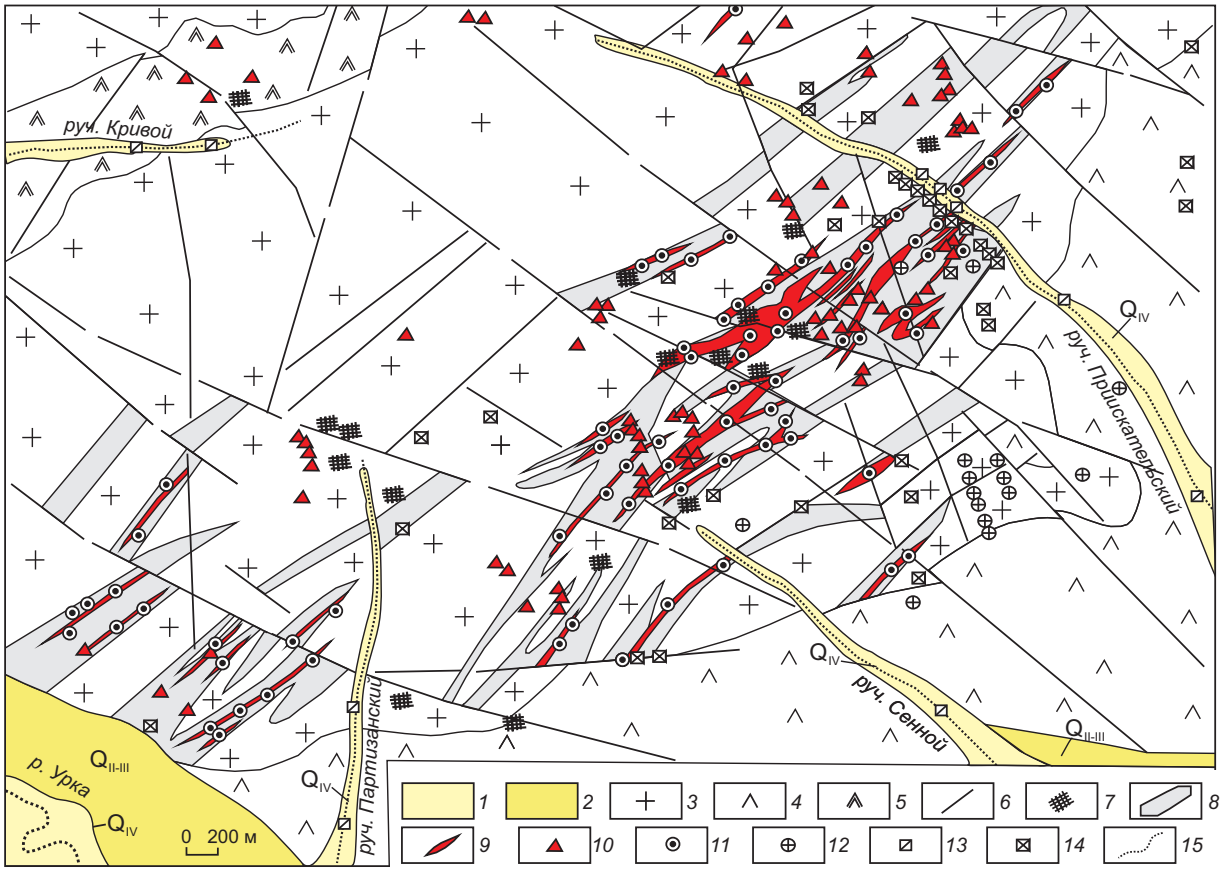


Рис. 3. План месторождения Снежинка. *По результатам детальных поисковых работ (В. А. Степанов, А. А. Черемисин, А. В. Мельников, 1996)*:

1 – современные четвертичные отложения поймы (Q_{IV}); *2* – средне-верхнечетвертичные отложения террас ($Q_{II–III}$); *3* – граниты лейкократовые; *4* – диориты, диоритовые порфириты; *5* – сиениты, граносиенит-порфиры; *6* – разломы; зоны: *7* – сульфидизации, *8* – интенсивного окварцевания, хлоритизации, серицитизации и аргиллизации, *9* – жильно-прожилковые; *10* – свалы жильного кварца; *11* – штуфные пробы с содержанием золота > 0,01 г/т; *13* – шлиховые пробы из аллювия с золотом; *14* – золото в делювии из канав; *15* – водотоки

по плагиоклазу. По мере приближения к березитам или интенсивно березитизированным породам отмечается увеличение степени серицитизации плагиоклаза и замещение его альбитом, нередко с образованием полноосевых псевдоморфоз мусковита (гидромусковита) по биотиту. Магнетит замещается пиритом, иногда также с чешуйчатым серицитом, нередко выполняющим тонкие прожилки в породах. Следующая зона характеризуется появлением в гранитах кальцита (анкерита?) наряду с альбитом, серицитом, хлоритом и пиритом. Они развиты как по породообразующим минералам, так и в виде тонких прожилков.

Строение колонки изменённых субщелочных гранитов и граносиенитов на месторождении Снежинка выглядит следующим образом. Внешняя зона метасоматической колонки березитов фиксируется развитием хлорита, серицита и сфена по биотиту, серицита по плагиоклазу. При более интенсивном изменении гранитов в породах появляются альбит, карбонат, пирит и увеличивается количество серицита, замещающего плагиоклаз. Вблизи кварцевых жил околорудные метасоматиты сложены кварцем в ассоциации с серицитом и реликтовым ортоклазом. Такая ассоциация характерна для внутренней зоны типичной метасоматической колонки березитов.

Кварцевые жилы приурочены к зонам интенсивно березитизированных гранитов, которые, как правило, пронизаны сетью тонких прожилков кварца. С зонами рудной минерализации часто сопряжены березитизированные дайки светлинского комплекса позднего триаса (гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры

1. Содержание благородных и других рудных элементов (г/т) в рудах месторождения Снежинка

№ пробы	Состав руд	Элементы					
		Au	Ag	Pb	Cu	Zn	As
А-379	Кварцевая жила	8,39	1125,0	2000	100	500	30
А-178		6,69	8,5	3	20	–	30
А-301		4,56	< 0,5	5	50	30	200
А-302		8,96	1185,0	2000	70	700	30
А-187	Березитизированные граниты	4,56	7,0	20	30	70	–
А-193		4,08	9,5	3	15	–	< 30
А-300		2,82	< 0,5	5	20	–	–
А-196	Березитизированные риодациты	3,36	5,0	7	70	100	< 30

Примечание. Au и Ag определены атомно-абсорбционным методом в химической лаборатории АмурКНИИ, остальные элементы – приближённым количественным спектральным анализом в лаборатории минералогии и геохимии АмурКНИИ.

и риодациты). Жилы имеют небольшую мощность от нескольких сантиметров до десятков сантиметров, не выдержаны по простиранию и выклиниваются на расстоянии в первые метры. Контакты жил с вмещающими породами неотчётливые с обилием включений вмещающих березитизированных пород. Содержание золота в жилах, по данным атомно-абсорбционного анализа, достигает 8,96 и серебра – 1185 г/т (табл. 1). Сопутствующими компонентами являются (в г/т): Pb – до 2000, Zn – до 700 (проба А-302), а также W – до 100 (проба А-301).

В березитизированных гранитах на месторождении Снежинка содержание золота достигает 4,56 и Ag – 9,5 г/т, в березитизированных риодацитах золота – 3,36 и серебра – 6,0 г/т. (см. табл. 1). Остальные элементы присутствуют в количествах, характерных для неизменённых гранитов. По сравнению с березитами в кварцевых жилах содержание золота увеличивается до 8,96, а серебра – до 1185,0 г/т. Значительную роль играют также примеси свинца, меди, цинка и мышьяка (В. Е. Стриха и др., 1997).

По данным разведочного бурения, тела березитизированных пород имеют сложную, пластообразную форму и представлены серией зон с пологим (20–50°) погружением в северо-западном направлении на глубину до 150–200 м (рис. 4). Интенсивность процесса березитизации зависит от экстенсивности трещиноватости и насыщенности дайками спессартитов, гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров. Тела березитов с высокими содержаниями золота, как правило, приурочены к ядрам березитизированных гранит-порфиров. На месторождении выделены следующие золотоносные зоны березитизации: Верхняя, Северо-Западная, Главная и Юго-Восточная (И. Ю. Емельянов и др., 2017).

Границы рудных тел определяются данными опробования. Нередко они совпадают с карбонатно-кварцевыми жилами, но чаще рудными телами являются зоны прожилкового окварцевания и минерализованные линейные зоны динамометаморфизма по березитизированным гранитам с небольшой долей кварцевой составляющей. Разведкой выявлены порядка десяти промышленных рудных тел. Наиболее продуктивным является рудное тело 1/2. Длина его по простиранию составляет 212, а по падению 143 м. Средняя мощность его 8,5 м при средневзвешенном содержании золота 5,22 г/т.

В рудных телах основными нерудными минералами являются кварц, слюдисто-гидрослюдистые минералы, калиевый полевой шпат, плагиоклаз и карбонаты. Рудные минералы, количество которых не превышает первых процентов, представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом и самородным золотом (табл. 2).

Золото в руде находится в самородном виде. Установлено, что в пробах ТП-1 и ТП-2 преобладает мелкое и тонкое золото (класс крупности − 0,071 мм) – 83,7 и 84,1 % соответственно. На долю крупного золота (класс крупности + 0,071 мм) приходятся 16,3 (ТП-1) и 15,9 % (ТП-2). Проба золота, по данным

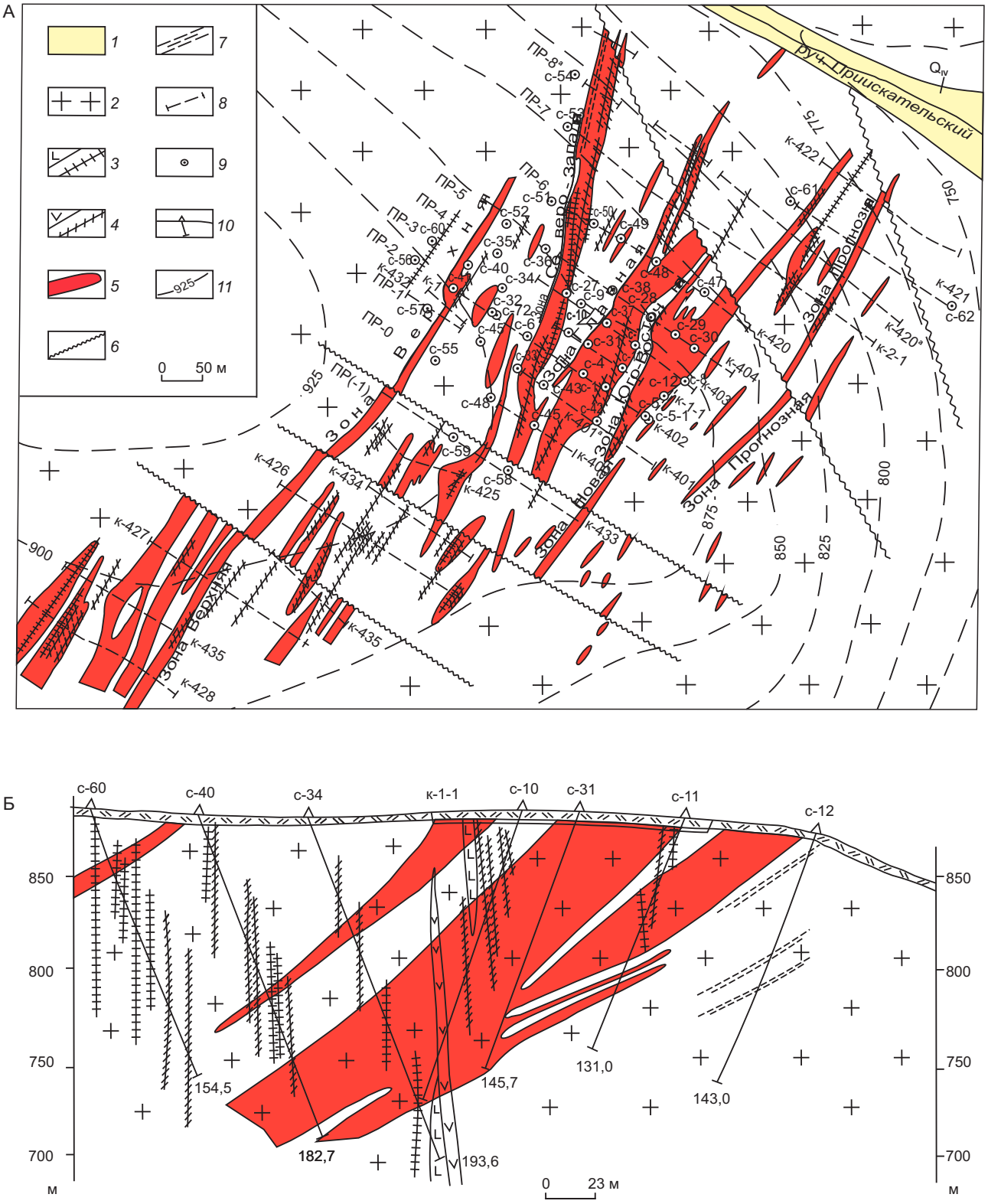


Рис. 4. План (А) и геологический разрез (Б) по профилю №3 месторождения Снежинка. *По результатам разведочных работ (И. Ю. Емельянов, 2017)*:

1 – аллювиальные отложения (Q_{IV}); *2* – граниты, граносиениты; дайки: *3* – диоритовых порфиритов, диоритов, *4* – диоритов, микродиоритов, спессартитов; *5* – контур рудных тел; *6* – разломы; *7* – зоны трещиноватости; *8* – канавы и их номера; скважины и их номера: *9* – на схеме, *10* – на разрезе; *11* – изолинии высот (м)

2. Минеральный состав (в мас.%) проб ТП-1 и ТП-2 руды
(И. Ю. Емельянов и др., 2017)

Минералы, группы минералов	ТП-1	ТП-2
Кварц	53,0	47,4
Полевые шпаты (КПШ, плагиоклазы)	27,0	29,2
Слюдисто-гидрослюдистые образования	17,0	19,0
Карбонаты (доломит – анкерит, кальцит)	0,4	2,0
Рутил	0,5	0,3
Пирит	Единичные зёрна	1,6
Халькопирит, арсенопирит, галенит, сфалерит		Редкие и единичные зёрна
Скородит	Редкие зёрна	н/о
Гидроксиды железа: лимонит, гидрогетит, гётит	1,6	0,5
Ярозит	0,5	Единичные знаки
Акцессорные минералы: рутил, апатит, циркон	Редкие и единичные зёрна	
Всего:	100,0	100,0

Примечание. н/о – не обнаружено.

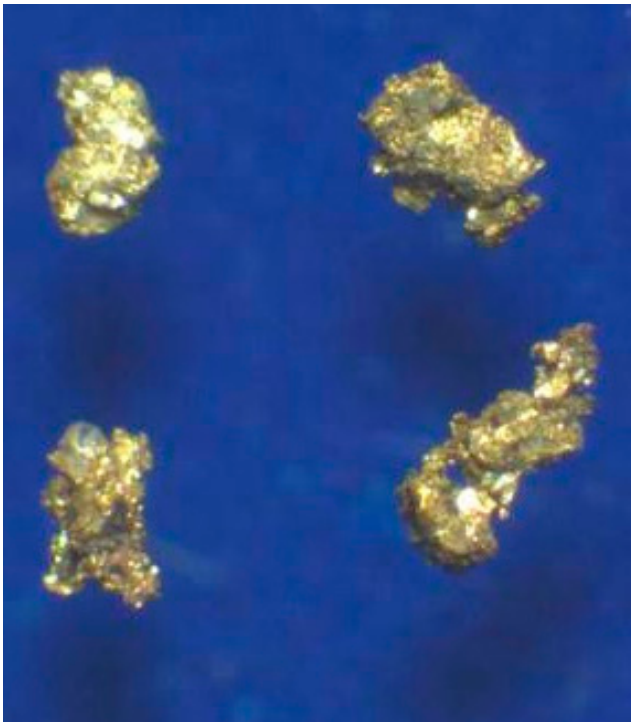


Рис. 5. Крупное золото 1,0 + 0,5 мм в сростках с кварцем
(И. Ю. Емельянов и др., 2017)

атомно-абсорбционного анализа, в пробе ТП-1 составляет 772, а в пробе ТП-2 – 849 ‰ (И. Ю. Емельянов и др., 2017). По другим данным, проба золота месторождения меняется от 840 до 870 ‰, в среднем – 855 ‰ (В. А. Степанов и др., 1996).

Основная масса золотин в обеих пробах имеет изометричную, неправильную, уплощённо-удлинённую с ветвистыми отростками и компактную форму. Определённая доля частиц золота присутствует в сростках с кварцем (рис. 5). В пробе ТП-1 часть видимых золотин покрыта гидроксидами железа.

Химический состав руд отражён в табл. 3, из которой видно, что основная доля состава руд представлена кремнезём, за ним следуют трёхокись алюминия и окислы щелочных металлов со значительным преобладанием калия (3,69–5,3 мас.%) над натрием (0,27–1,11 мас.%). Содержание платиноидов (Pt, Pd, Rh) находится ниже чувствительности анализа.

Исследование изотопного возраста руд рудопроявлений, месторождения Снежинка и проявления Светлое произведено изотопным рубидий-стронциевым методом в отделе изотопной геологии ВСЕГЕИ [5]. Проанализированы мономинеральные фракции серицита и карбоната (кальцита), отобранные под бинокуляром. Определение содержания рубидия и стронция, а также изотопного состава стронция выполнялось на приборе МИ-1201 Т с ошибкой ±0,5–1 % (аналитик Ю. П. Шергина). Значения $^{87}Sr/^{86}Sr$ получены без добавления трассера и обработки проб HCl. В результате получена изохрона: T = 212 ± ± 5,5 млн лет, Sr_o = 0,7062 ± 0,00021 (рис. 6). Изохрона отвечает норийскому ярусу позднего триаса. Поэтому магматические образования месторождения Снежинка можно рассматривать в виде единой вулкано-плутонической ассоциации, с поздними дериватами которой – субвулканическими дайками кислого состава светлинского комплекса – ассоциирует золотое оруденение.

3. Химический состав руд (в мас.%) месторождения Снежинка *(И. Ю. Емельянов, 2017)*

Компоненты	ТП-1	ТП-2	ТП-3
SiO_2	75,5	73,6	70,2
Al_2O_3	13,2	12,9	22,0
TiO_2	0,31	0,18	0,60
Na_2O	1,08	1,11	0,27
K_2O	5,3	5,1	3,69
MgO	0,16	0,2	0,27
CaO	0,14	1,15	0,14
MnO	0,039	0,11	0,032
P_2O_5	0,076	0,043	0,28
$Fe_{общ.}$	1,175	1,10	1,75
$Fe_{окисл.}$	1,17	0,35	1,58
$Fe_{сульф.}$	0,005	0,75	0,395
$S_{общ.}$	0,137	0,854	0,251
$S_{окисл.}$	0,130	0,004	0,247
$S_{сульф.}$	0,007	0,85	< 0,050
As	0,051	0,007	0,271
Cu	0,004	0,003	0,002
Sb	0,007	0,009	< 0,001
Zn	0,006	0,037	0,007
Pb	0,009	0,012	0,024
$C_{карб.}$	0,2	0,88	0,017
$C_{орг.}$	< 0,05	< 0,05	0,009
Pt	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Pd	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Rh	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Ag, г/т	5,1	5,2	16,7 ± 0,3
Au, г/т	2,6	3,54	4,5 ± 0,8

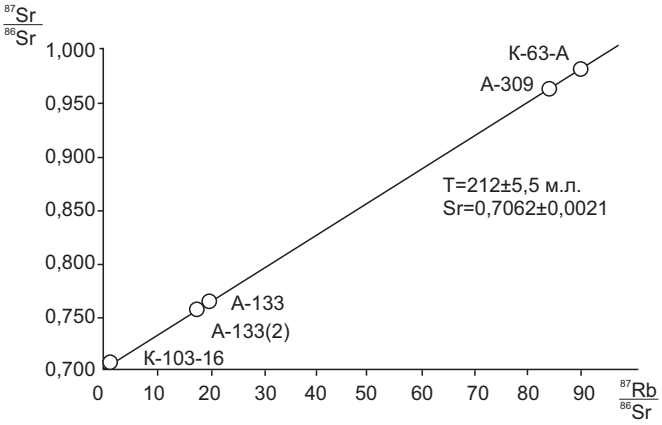


Рис. 6. Rb-Sr изохронный график для рудосопровождающих минералов месторождения Снежинка

В **заключение** отметим, что месторождение Снежинка с прожилково-кварцевыми рудами в березитизированных интрузивных породах является представителем золото-кварцевой формации. Формирование его тесно связано с субвулканическими дайками кислого состава светлинского комплекса верхнего триаса. Возраст его на основании геологических и изотопных исследований оценивается как позднетриасовый. Выявление первого промышленного пусть и небольшого по запасам золоторудного месторождения, по-видимому, будет началом переоценки Уркинского РРУ на рудное золото и обнаружения в его пределах других золоторудных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев И. А., Старк А. Г., Степанов В. А.* Золотая минерализация Сергачинской металлогенической зоны // Генетические типы и закономерности размещения месторождения золота ДВ. – Новосибирск : Наука, 1976. – С. 98–104.
2. *Вьюнов Д. Л., Степанов В. А.* Геохимические поля Верхнего Приамурья // Тихоокеанская геология. – 2004. – Т. 23, № 5. – С. 116–124.
3. *Копылов М. И., Петухова Л. Л.* Сергачинская золоторудная зона и перспективы выявления новых месторождений золота // Руды и металлы. – 2019. – № 1. – С. 37–44.
4. *Мельников А. В., Степанов В. А.* Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. В 2 частях. Ч. 2. Центральная часть провинции. – Благовещенск : АмГУ, 2014. – 300 с.
5. *Степанов В. А., Мельников А. В.* Янканская золотоносная металлогеническая зона Приамурской провинции (Амурская область, Россия) // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 61. – С. 101–110.

REFERENCES

1. *Vasil'yev I. A., Stark A. G., Stepanov V. A.* Zolotaya mineralizatsiya Sergachinskoy metallogenicheskoy zony [Gold mineralization of the Sergachin metallogenic zone]. Geneticheskiye tipy i zakonomernosti razmeshcheniya mestorozhdeniya zolota DV, Novosibirsk, Nauka publ., 1976, pp. 98–104. (In Russ.)
2. *V'yunov D. L., Stepanov V. A.* Geokhimicheskiye polya Verkhnego Priamur'ya [Geochemical fields of the Upper Amur region]. Tikhookeanskaya geologiya [Pacific Geology], 2004, V. 23, No. 5, pp. 116–124. (In Russ.)
3. *Kopylov M. I., Petukhova L. L.* Sergachinskaya zolotorudnaya zona i perspektivy vyyavleniya novykh mestorozhdeniy zolota [Sergachinskaya gold ore zone and prospects for the discovery of new gold deposits]. Rudy i metally [Ores and metals], 2019, No. 1, pp. 37–44. (In Russ.)
4. *Mel'nikov A. V., Stepanov V. A.* Rudno-rossypnyye uzly Priamurskoy zolotonosnoy provintsii. V 2 chastyakh. CH. 2. Tsentral'naya chast' provintsii [Ore-placer nodes of the Amur gold-bearing province. In 2 parts. Part 2. The central part of the province]. Blagoveshchensk, AmGU publ., 2014, 300 p. (In Russ.)
5. *Stepanov V. A., Mel'nikov A. V.* Yankanskaya zolotonosnaya metallogenicheskaya zona Priamurskoy provintsii (Amurskaya oblast', Rossiya) [Yankan gold-bearing metallogenic zone of the Amur province (Amur region, Russia)]. Regional'naya geologiya i metallogeniya [Regional geology and metallogeny.], 2015, No. 61, pp. 101–110. (In Russ.)

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается. Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на её опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет». Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или намеченных к публикациям в других изданиях, не допускается.

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10014

УДК 553.53/.57´623.7´679.04´075 (470.67)
© Е. В. Беляев, В. А. Антонов, 2022

Минерагеническая специализация структурно-формационных комплексов Республики Дагестан

Проведено минерагеническое районирование Республики Дагестан на неметаллические полезные ископаемые. Выделены основные минерагенические таксоны. Определены их рудная специализация и минерагенический потенциал. Выделены перспективные площади на различные виды неметаллических полезных ископаемых, оценены прогнозные ресурсы и даны рекомендации по их изучению и освоению.

Ключевые слова: неметаллический, полезное, ископаемое, минерагенический, районирование, формация, структурный, этаж, прогнозный, оценка, ресурсы, Республика Дагестан, Россия.

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

АНТОНОВ ВАДИМ АЛЕКСЕЕВИЧ, учёный секретарь

Акционерное общество «ЦНИИгеолнеруд», г. Казань

Mineragenic specialization of structural-formational complexes in the Republic of Dagestan

E. V. BELYAEV, V. A. ANTONOV

AO “TsNIIgeolnerud”

The article is devoted to mineragenic regionalization of the Republic of Dagestan for non-metallic minerals. The authors distinguished the principal mineragenic taxons, determined their ore-bearing specialization and mineragenic potential, delineated promising areas for various types of non-metallic minerals, assessed their potential resources, and prepared recommendations on their investigation and development.

Key words: non-metallic, minerals, mineragenic regionalization, formation, structural stage, potential resources, assessment, Republic of Dagestan, Russia.

Дальнейший подъём экономики и решение социально-экономических проблем Республики Дагестан (РД) в значительной степени определяются природно-ресурсным потенциалом. Стратегия социально-экономического развития РД до 2025 года предусматривает среди других направлений освоение и расширение минерально-сырьевой базы, при этом одной из главных задач является обеспечение потребностей промышленного и агропромышленного комплексов неметаллическим сырьём.

Минерально-сырьевая база (МСБ) РД представлена достаточно масштабным комплексом минерального сырья, в котором значительную роль играют твёрдые неметаллические полезные ископаемые (ТНПИ). На территории Республики Дагестан распространены более 20 видов ТНПИ [3], относящихся к группам агрохимического (морская ракушка, карбонатные породы для мелиорации почв), горнохимического (карбонаты для химической промышленности), горнотехнического (абразивное сырьё, глины огнеупорные, доломиты многоцелевого использования, формовочные материалы, цеолитсодержащие породы), минерально-строительного (битумсодержащие породы, гипс, глины тугоплавкие, минеральные пигменты, природные облицовочные камни, стекольное сырьё, сырьё для производства строительной извести, минеральной ваты и каменного литья, цементное сырьё), поделочных камней (гагат, мраморный оникс), высококачественного кварцевого сырья и др.

Всего зарегистрировано около 130 объектов. На 49 объектах подсчитаны и утверждены запасы промышленных категорий, 5 из них отнесены к распределённому фонду. Кроме того, в Республике опоисковано 70 перспективных объектов, по которым проведена

оценка прогнозных ресурсов и даны рекомендации на проведение дальнейших геологоразведочных работ.

Положение территории Республики Дагестан в тектонических структурах Юга России. Территория Республики Дагестан входит в состав крупных геотектонических элементов I порядка, различающихся как набором геологических формаций, так и временем их консолидации. Такими структурами являются Скифская плита, представляющая собой часть Мизийско-Скифско-Туранской (эпигерцинской) платформы (по В.Е. Хаину), и альпийское покровно-складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа (рис. 1).

Северная часть территории Республики принадлежит зонам Манычских прогибов и Терско-Кумской впадины Скифской плиты, выполненных палеоцен-эоценовыми терригенными глинисто-алевритовыми и олигоцен-нижнемиоценовыми монотонными песчано-глинистыми (майкопская серия) отложениями. Более молодые отложения представлены песками, глинами, мергелями с прослоями органогенных известняков и, наконец, песчано-гравийно-галечными отложениями позднего кайнозоя, которые и перекрывают всё более древние отложения равнинной части Республики. Суммарная мощность мезо-кайнозойского чехла Скифской плиты – 3–5 км.

Наиболее значительную площадь занимают Предкавказские краевые альпийские прогибы, состоящие из Аграхано-Самурского вала, Прибрежно-Каспийского наложенного прогиба, Предгорной (Терско-Сунженской) части прогиба и Кусаро-Дивичинского прогиба. Краевые прогибы заложились в киммерийское время и выполнены в своей верхней части неоген-четвертичной молассой.

Южная часть территории Республики принадлежит складчато-глыбовому поднятию Восточного Кавказа (зоны Известнякового Дагестана, Агвали-Хивская, Бокового Хребта), которое сложено юрскими, меловыми и палеогеновыми песчано-глинистыми и карбонатно-терригенными отложениями (рис. 2). Узкая приграничная полоса соответствует складчатым зонам Большого Кавказа (зоны Главного Хребта, Восточного Кавказа и Южного Склона Большого Кавказа), представленным сильно дислоцированными осадочными и вулканогенно-осадочными комплексами киммерийского и альпийского возраста.

В формационном строении территории Республики принимают участие образования ранне- и позднеальпийского структурных этажей.

Раннеальпийский (J_{1-2}) структурный этаж объединяет вулканогенно-терригенную, терригенную и песчаниковую (угленосную) формации. Образование вулканогенно-терригенной формации сопровождалось интенсивной интрузивной и вулканической деятельностью с внедрением даек основного состава, интрузий габбро, габбро-диабазов и накоплением эффузивных вулканических (лавы, туфы) толщ.

Наиболее широко дайки диабазовых пород распространены в зоне Главного Кавказского разлома (зона Главного Хребта). Они прорывают отложения от среднего тоара до верхнего аалена. С дайками связаны проявления диабазовых пород [10], пригодных для использования в качестве сырья при производстве супертонкого и тонкого базальтового волокна (Курдульская площадь, Ахвай-Хурайский участок).

Кроме того, образование вулканогенно-терригенной и терригенной формаций сопровождалось развитием широкой сети разломов, которые являлись подводящими каналами для кремниевосодержащих растворов, способствовавших образованию кварцевой жильной формации. С последней, в свою очередь, ассоциируют проявления высококачественного кварцевого сырья: Гарбутлинское, Колак-Ор, Хошта-Ор-Кусурское, Ихрекское, Гутонское, Тляндинское, Оис-Ор, Чаанское, Гора Хрустальная и др. [7].

С терригенной формацией связаны объекты абразивного сырья (Лучекское, Кособское, Архитское, Хивское, Шилягинское, Кюрягское, Ферегское, Цумадинское), поделочных камней (проявление мраморного оникса Кина). Песчаниковая (угленосная) формация вмещает объекты цветных камней (Харагская группа гагатов).

Позднеальпийский (J_3–Q) структурный этаж объединяет ряд продуктивных формаций (см. рис. 2): терригенно-карбонатную эвапоритовую (J_3), карбонатно-терригенную (K_1), мергельно-известняковую (K_2), мергельно-глинистую ($₽_1$–$₽_2$), морскую молассовую, терригенную алевролит-глинистую ($₽_3$–N_1), морскую терригенно-карбонатную (N_1–N_2^3), континентально-морскую карбонатно-терригенную N_1^3–N_2, эоплейстоцен-голоценовую континентальную терригенную (Q_E–Q_{IV}).

С верхнеюрской терригенно-карбонатной эвапоритовой формацией (J_3) связана основная часть месторождений и проявлений гипса (Архитское, Ихинское, Карадахское I, Гимринский, Могохский, Тлохский I, Мунинский, Годоберинский участки), доломитов многоцелевого использования (Восточно-Сулакское, Зиранинское, Могохское, Могохское I, Унцукульское), абразивного сырья (Восточно-Сулакское, Гимринское, Унцукульское, Зиранинское, Гергебильское, Могохское, Вицхинское и др.), облицовочных камней (Перевальное, Родниковское), минеральных пигментов (Архитское) и известняков для мелиорации почв (Гергебильское).

Нижнемеловая карбонатно-терригенная (мергелисто-доломито-известняково-глинистая, K_1) формация

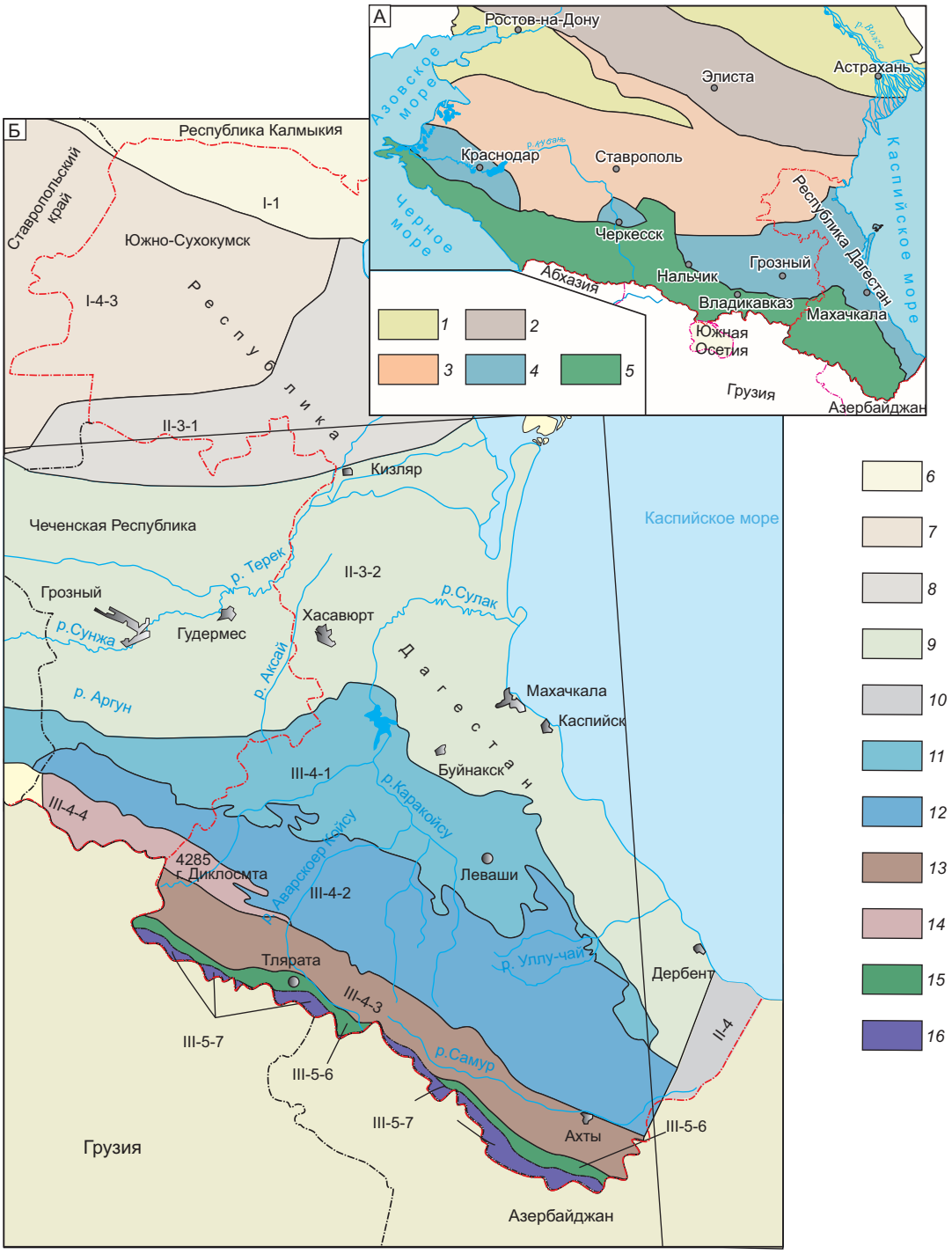


Рис. 1. Положение Республики Дагестан в геотектонических структурах юга России и структурно-тектоническое районирование её территории:

А – геотектонические элементы: *1* – Восточно-Европейская платформа, *2* – Донецко-Каспийское складчато-блоковое поднятие, *3* – Скифская плита, *4* – Предкавказские краевые альпийские прогибы, *5* – покровно-складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа; Б – тектонические структуры: *6* – зона Манычских прогибов (I-1), *7* – Прикумско-Нефтекумское сводовое поднятие (I-4-3), *8* – Арахано-Самурский вал и Прибрежно-Каспийский наложенный прогиб (II-3-1), *9* – Предгорная (Терско-Сунженская) часть прогиба (II-3-2), *10* – Кусаро-Дивичинский прогиб (II-4), *11* – зона Известнякового Дагестана (III-4-1), *12* – Агвали-Хивская зона (III-4-2), *13* – зона Бокового хребта Восточного Кавказа (III-4-3), *14* – Аргуно-Андийская зона (III-4-4), *15* – зона Главного хребта Восточного Кавказа (III-5-6), *16* – зона Южного склона Большого Кавказа (III-5-7)

включает объекты известняков для производства извести (Аркасское, Ванашамахинское, Аранинское), известняков для мелиорации почв (Сеидкентское), известняков для химической промышленности (Мекеги-Зуримахинский участок), глин огнеупорных (Гапшиминское) и тугоплавких (Ботлихское, Левашинское).

Верхнемеловая мергельно-известняковая (K_2) формация является вмещающей для объектов известняков различных направлений использования: известняки для производства извести (Цмурчайское, Левашинское, Карабудахкентское, Геллинский III участок), известняки для мелиорации почв (Верхне-Казанищенское), известняки для химической промышленности (Верхне-Махуркимакинский участок), облицовочные камни (Цуршурское), цементное сырьё (Эльдамское, Каранайский, Карабудахкентский, Талгинский участки).

Палеоцен-эоценовая мергельно-глинистая ($₽_1$–$₽_2$) формация характеризуется развитием объектов цеолитсодержащих пород (Рубасчайское месторождение, Левашинское проявление).

В заключительную стадию позднеальпийского этапа развития территории РД осадконакопление происходило в пределах передового Терско-Каспийского прогиба, где шло образование морских и континентальных формаций орогенного ряда.

К олигоцен-нижнемиоценовой морской молассовой, терригенной алевролит-глинистой ($₽_3$–N_1) формации приурочены объекты тугоплавких глин (Сулакский, Буйнакский, Эрпелинский, Талгинский и др. участки) и минеральных пигментов (Талгинское проявление).

С нижне-верхнемиоценовой верхнемолассовой морской терригенно-карбонатной (N_1–N_1^3) формацией связано наибольшее количество объектов различных видов нерудных полезных ископаемых, включающих стекольное сырьё (Серное, Карабудахкентское, Присулакское и др.), формовочные материалы (Капчугайское, Экибулакское, Черкезь-Озенское и др.), известняки для производства извести (Избербашское III, Дербентское, Первомайское и др.), абразивное сырьё (Ачису), облицовочные материалы (Шамшаарское), морская ракушка (Араблинское), битумсодержащие породы (Пираузский, Калининаульский, Салтабакский участки).

Верхне-миоцен-плиоценовая континентально-морская карбонатно-терригенная (N_1^3–N_2) формация включает объекты известняков для производства извести (Рукельское).

С эоплейстоцен-голоценовой континентальной терригенной формацией связаны объекты цементного сырья (глины) и морской ракушки (Новокаякентское, Огнинское, Промысловое).

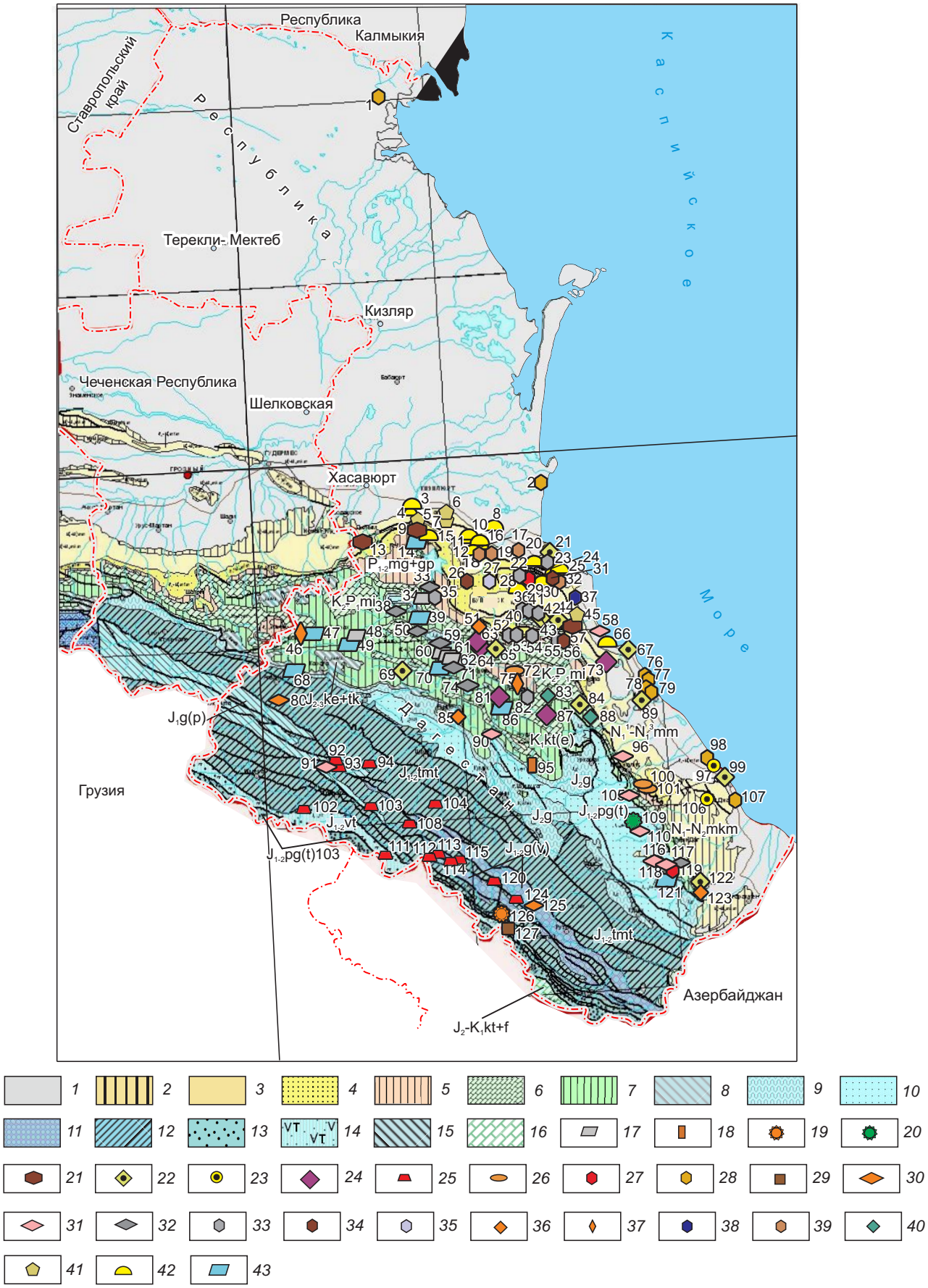
Минерагеническое районирование территории Республики Дагестан. Анализ условий образования ТНПИ и их связи со структурно-тектоническим строением и формационным составом территории Республики Дагестан позволил выделить продуктивные формации, определить их рудную специализацию, провести районирование, выделить основные минерагенические таксоны и оценить минерагенический потенциал [5].

Территория Республики располагается в пределах двух крупных минерагенических таксонов – Скифского бассейна и Кавказской провинции (рис. 3).

В пределах Скифского бассейна выделена Предкавказская область, в состав которой входит Терско-Каспийский район, минерагеническую специализацию которого определяет (табл. 1) наличие объектов цементного сырья (глины), морской ракушки, известняков для производства извести, абразивного и стекольного сырья, формовочных материалов (пески и песчаники кварцевые), природных облицовочных камней, битумсодержащих пород, минеральных пигментов, глин тугоплавких [6]. Все объекты связаны с комплексом олигоцен-четвертичных формаций, образующихся в условиях орогенной стадии развития Кавказской складчатой области.

В Кавказской провинции выделена Восточно-Кавказская зона, включающая следующие подзоны:

- подзона Известнякового Дагестана, характеризующаяся развитием формаций ранне- и позднеальпийского структурных этажей; минерагеническую специализацию подзоны определяют объекты цеолитсодержащих пород, известняков для производства извести, природных облицовочных камней, цементного сырья (известняки), известняков для химической промышленности и мелиорации почв, глин огнеупорных и тугоплавких, доломитов, гипса, абразивного сырья;
- Агвали-Хивская подзона, объединяющая осадочные терригенную, глинистую, песчаниковую и терригенно-карбонатную эвапоритовую формации раннеальпийского структурного этажа; минерагеническая специализация подзоны обусловлена наличием объектов гипса, минеральных пигментов, известняков для мелиорации почв, абразивного и высококачественного кварцевого сырья, поделочных камней;
- подзона Бокового Хребта, выделенная в границах развития нижне-среднеюрской терригенной и глинистой (с вулканитами) формаций; минерагеническая специализация подзоны определяется объектами абразивного и высококачественного кварцевого сырья [9], поделочных камней;
- зона Главного Хребта развития нижне-среднеюрской вулканогенно-терригенной формации, вмещающей объекты высококачественного кварцевого


Республика Калмыкия
Ставропольский край
Республика
Каспийское
Терекли-Мектеб
Кизляр
Чеченская Республика
Шелковская
Хасавюрт
Море
Грузия
Азербайджан
Дагестан
$P_{1-2}mg+gp$
K_2P_1mi
$J_1g(p)$
$J_{1-2}ke+tk$
$K_1kt(e)$
$J_{1-2}tmt$
$J_{1-2}vt$
$J_{1-2}pg(t)$
J_2g
$N_1^1-N_1^3mm$
N_1-N_2mkm
$J_{1-2}g(v)$
J_2-K_1kt+f

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43

Рис. 2. Схема размещения месторождений и проявлений неметаллических полезных ископаемых Республики Дагестан:

геологические формации, субформации: *1* – эоплейстоцен-неоплейстоцен-голоценовая континентальная терригенная субформация, *2* – мэотис-акчагыльская континентально-морская карбонатно-терригенная субформация, *3* – нижне-верхнемиоценовая (тархан-сарматская) существенно морская терригенно-карбонатная субформация, *4* – олигоцен-нижнемиоценовая молассовая тонкообломочная морская формационная ассоциация, *5* – палеоцен-эоценовая мергельно-глинистая, *6* – сеноман-датская мергельно-известняковая формация платформенная, *7* – нижнемеловая карбонатно-терригенная (мергелисто-доломито-известняково-глинистая) формация с эвапоритами и целестином, *8* – объединённые формации киммеридж-титонская карбонатно-эвапоритовая и келловей-киммериджская терригенно-карбонатная, *9* – байос-батская глинистая формация, *10* – тоар-ааленская песчаниковая формация (угленосная), *11* – плинсбах-ааленская глинистая (с вулканитами) формация, *12* – тоар-батская надформационная тонко-мелко-обломочная терригенная ассоциация, *13* – тоар-батская песчаниково-глинистая формация (с туфогенной примесью), *14* – синемюр-байосская вулканогенно-терригенная формация, *15* – плинсбах-тоарская глинистая (с песчаниками) формация метаморфизованная, *16* – объединённые бат-валанжинские формации карбонатная и терригенная; виды полезных ископаемых: *17* – доломиты для металлургии, *18* – глины огнеупорные, *19* – мраморный оникс, *20* – гагат, *21* – битумсодержащие породы, *22* – известняки для производства строительной извести, *23* – известняки-ракушняки, *24* – природные облицовочные камни, *25* – пьезокварц, *26* – цеолиты, *27* – минеральные пигменты, *28* – морская ракушка, *29* – магматические породы, *30* – песчаник кварцитовый, *31* – песчаник (абразивное сырьё), *32* – кремень (абразивное сырьё), 33 – известняк (цементное сырьё), *34* – глины (цементное сырьё), *35* – мергели (цементное сырьё), *36* – известняки, мергели для мелиорации, *37* – глины тугоплавкие, *38* – формовочные пески, *39* – формовочные песчаники, *40* – известняки для химической промышленности, *41* – кварцевые пески, *42* – кварцевые песчаники, *43* – гипс; месторождение, проявление, площадь, участок: 1 – Старо-Бирюзякинское, 2 – Промысловое, 3 – Бавтугайское, 4 – Тугайское, 5 – Присулакское, 6 – Балка Кака, 7 – Темиргое (Исти-Су), 8 – Узехское, 9 – Пираузский, 10 – Чиканакское, 11 – Серное, 12 – Яралинское, 13 – Калининаульский, 14 – Ихинское, 15 – Султановское, 16 – Железнодорожное, 17 – Пещерное, 18 – Экибулакское, 19 – Канчугайское, 20 – Атлы-Боюн, 21 – Таркитаусское, 22 – Ленинкентское, 23 – Таркитаусское, 24 – Заповедниковское, 25 – Новохушетский, 26 – Ирганайский, 27 – Ново-Кумухский, 28–29 – Талгинское, 30 – Хапчаубашское, 31 – Агачское, 32 – Черкез-Озеньское, 33–34 – Восточно-Сулакское, 35 – Каранайский, 36 – Родниковое, 37 – Чобак-Кутан, 38 – Гимринское, 39 – Карадахское, 40 – Гелинский II, 41 – Гелинский, 42 – Эльдамское, 43 – Эльдамское, 44 – Гелинский III (Карабудахкентский участок), 45 – Карабудахкентское, 46 – Ботлихское, 47 – Мунинский, 48 – Унцукульское, 49 – Тлохский-1, 50 – Унцукульское, 51 – Верхнее-Казанищенское, 52 – Доргелинский II, 53 – Доргелинский, 54 – Кака-Шуринский, 55–56 – Карабудахкентское, 57 – Салтабак, 58 – Ачису, 59 – Зиранинское, 60 – Зиранинское, 61 – Могохское (Араканское), 62 – Могохское, 63 – Перевальное, 64 – Родниковское, 65 – Аркасское, 66 – Салтабак, 67 – Избербашское III, 68 – Годоберинский, 69 – Араканинское, 70–71 – Могохское, 72 – Левашинское, 73 – Шамшаарское, 74 – Гергебильское, 75 – Левашинское, 76 – Новокаякентское, 77 – Инчхе, 78 – Каякентское, 79 – Инчхеозенское, 80 – Цумадинское, 81 – Кутишинское, 82 – Левашинское, 83 – Мекеги-Зуримахинский, 84 – Ванашамахинское, 85 – Гергебильское, 86 – Гимринский, 87 – Цуршурское, 88 – Верхнее-Маркухимахинский, 89 – Уллубиевское, 90 – Вицкинское, 91 – Кособское, 92 – Каранское, 93 – Нагорное, 94 – Тимринское, 95 – Гапшиминское, 96 – Уллучаринское, 97 – Первомайское, 98 – Огнинское, 99 – Дербентское, 100 – Дюбек, 101 – Рубасчайская, 102 – Гарбутлинское, 103 – Тляндинское, 104 – Рис-Ор, 105 – Шилягинское, 106 – Рукельское, 107 – Араблинское, 108 – Оис-Ор, 109 – Харагская группа, 110 – Кюрягское, 111 – Колак-Ор, 112 – Гутонское, 113 – Чаанское, 114 – Большой Чугай, 115 – Хощта-Ор-Кусурское, 116 – Хивское, 117 – Архитское, 118 – Ферегское, 119 – Архитское, 120 – Гора Хрустальная, 121 – Архитское, 122 – Цмурчайское, 123 – Сеидкентское, 124 – Ихрекское, 125 – Лучекское, 126 – Кина, 127 – Ахвай-Хурайское

сырья и сырья для производства минеральной ваты и каменного литья.

Минерально-сырьевая база неметаллов и закономерности размещения месторождений и проявлений неметаллических полезных ископаемых. Анализ результатов прогнозно-минерагенических исследований позволил провести прогнозную оценку территории с выделением перспективных площадей на различные виды ТНПИ, оценить прогнозные ресурсы, дать рекомендации по их изучению и освоению [1]. Выделение площадей проводилось с учётом наличия на перспективных площадях промышленных месторождений с утверждёнными запасами, объектов прогнозных ресурсов, благоприятных поисковых признаков (табл. 2).

Абразивное сырьё. Большинство объектов относятся к слабоизученным, однако анализ имеющихся материалов свидетельствует о потенциальной возможности создания сырьевой базы абразивных материалов на территории Республики Дагестан [2].

В качестве абразивного сырья могут быть использованы кремни и кварцитовидные песчаники, развитые в центральной и юго-восточной частях Республики. Выделены 2 перспективные на данный вид сырья площади: Унцукуль-Могохская (кремни) и Хивская (песчаники). В пределах Унцукуль-Могохской площади зафиксированы Унцукульское, Могохское и Гергебильское проявления кремней. Прогнозные ресурсы кремней по категории P_3 при средней мощности продуктивных горизонтов 25 м могут составить

Рис. 3. Минерагеническое районирование территории Республики Дагестан:

границы минерагенических таксонов: *1* – бассейна (*а*) и провинции (*б*), *2* – области (*а*) и зоны (*б*), *3* – района (*а*) и подзоны (*б*), *4* – совмещённые границы бассейна, области и района (*а*) и провинции, зоны и подзоны (*б*), *5* – то же, зоны и подзоны; минерагенические таксоны: А – Скифский бассейн, А-I – Предкавказская область, А-I-1 – Терско-Каспийский район, Б – Кавказская провинция, Б-I – Восточно-Кавказская зона, подзоны: Б-I-1 – Известнякового Дагестана, Б-I-2 – Агвали-Хивская и Б-I-3 – Бокового Хребта, Б-II – зона Главного Хребта

1. Минерагеническое районирование территории Республики Дагестан

Структурный этаж	Минерагенические таксоны			Продуктивная формация, субформация, её возраст (тоже вмещающая)	Минерагеническая специализация	Примеры месторождений и проявлений (площади, участки)	Минерагенический потенциал	
	Провинция, бассейн	Область, зона	Район, подзона				Запасы	Прогнозные ресурсы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позднеальпийский, J_3–Q	Скифский	Предкавказская	Терско-Каспийский (Терско-Сунженская)	Эоплейстоцен-голоценовая континентальная терригенная, Q_E–Q_{IV}	Цементное сырьё (глины)	Ирганайский, Агачское, Параульский, Карабудахкентский	A + B + C_1 – 10,5 млн т, C_2 – 90 млн т	P_1 – 131,7 млн т, P_2 – 214,4 млн т
					Агрохимическое сырьё (морская ракушка)	Новокаякентское, Огнинское, Промысловое	A + B + C_1 – 10 832,9 тыс. м^3	н/д
				Континентально морская карбонатно-терригенная, N_1^3–N_2	Известняки для производства извести	Рукельское	A + B + C_1 – 0,312 млн м^3	то же
				Морская терригенно-карбонатная, N_1–N_1^3	Абразивное сырьё	Ачису	A + B + C_1 – 0,916 млн т	то же
					Стекольное сырьё (пески, песчаники кварцевые)	Серное, Присулакское, Родниковое, Салтабак, Тугайское, Яралинское, Балка Кака, Темиргое, Бавтугайское, Узехское	A + B + C_1 – 103,5 млн т, C_2 – 25,2 млн т	P_2 – 3,2 млн т, P_3 – 29,5 млн т
	Скифский	Предкавказская	Терско-Каспийский (Терско-Сунженская)	Морская терригенно-карбонатная, N_1–N_1^3	Формовочные материалы (пески, песчаники)	Капчугайское, Экибулакское, Черкез-Озенское, Чобак-Кутан	A + B + C_1 – 40,2 млн т, C_2 – 25,3 млн т	P_1 – 100 млн т
					Известняки для производства извести	Избербашское III, Дербентское, Первомайское, Таркитауское	A + B + C_1 – 26,7 млн т, C_2 – 0,55 млн т	н/д

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позднеальпийский, J_3–Q	Скифский	Предкавказская	Терско-Каспийский (Терско-Сунженская)	Морская терригенно-карбонатная, N_1–N_1^3	Облицовочные материалы (известняк-ракушечник)	Шамшаарское	А + В + C_1 – 0,353 млн $м^3$	н/д
					Морская ракушка	Араблинское	А + В + C_1 – 1,56 млн $м^3$	то же
					Битумсодержащие породы (песчаники)	Пираузский, Калининаульский, Салтабак	н/д	P_1 – 332 тыс. $м^3$
				Молассовая морская, алевролит-глинистая, $₽_3$–N_1^1	Минеральные краски	Талгинское	29 тыс. т	н/д
					Глины тугоплавкие	Сулакский, Буйнакский, Эрпелинский, Талгинский и др. участки	н/д	то же
	Кавказская	Восточно-Кавказская	Известнякового Дагестана	Мергельно-глинистая, $₽_1$–$₽_2$	Цеолитсодержащие породы	Левашинская, Рубас-чайская площади	то же	P_1 – 49,3 млн т, P_2 – 115,7 млн т
				Мергельно-известняковая, K_2	Известняки для производства извести	Цмурчайское, Левашинское, Карабудахкентское, Гелинский III (Карабудахкентский) уч.	А + В + C_1 – 15,3 млн т	P_1 – 138,1 млн т
					Облицовочные материалы	Цуршурское (известняк)	А + В + C_1 – 0,306 млн $м^3$	н/д
				Мергельно-известняковая, K_2	Цементное сырьё (известняк)	Каранайский, Эльдамское, Карабудахкентский, Эльдамский, Талгинский	А + В + C_1 – 38,6 млн т, C_2 – 497,1 млн т, забалансовые - 42,6 млн т	P_1 – 715 млн т, P_2 – 955,4 млн т
					Известняки для мелиорации почв	Верхне-Казанищенское	н/д	н/д

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позднеальпийский, J_3–Q	Кавказская	Восточно-Кавказская	Известнякового Дагестана	Карбонатно-терригенная (мергелисто-доломито-известняково-глинистая), K_1	Известняк для производства извести	Аркасское, Ванашамахинское, Аранинское	$A + B + C_1$ – 13,3 млн т	н/д
					Известняки для химической мелиорации почв	Сеидкентское	$A + B + C_1$ – 5,0 млн $м^3$	то же
					Карбонаты для химической промышленности	Мекеги-Зуримахинский	C_2 – 12,5 млн т	то же
					Глины огнеупорные	Гапшиминское	н/д	то же
					Глины тугоплавкие	Ботлихское, Левашинское	то же	то же
				Терригенно-карбонатная, эвапоритовая, J_3	Облицовочные материалы (мраморизованные известняки)	Перевальное, Родниковское	$A + B + C_1$ – 695 тыс. $м^3$ C_2 – 1,3 млн $м^3$	P_1 – 1,7 млн м
					Доломиты многоцелевого использования	Восточно-Сулакское, Зиранинское, Могохское I (Араканское), Унцукульское	н/д	P_3 – 187,6 млн т
					Гипс	Ихинское, Карадахское I, Гимринский, Могохский, Тлохский I, Мунинский,	$A + B + C_1$ – 8,2 млн т, C_2 – 22,14 млн т	P_3 – 5,78 млн т
				Терригенно-карбонатная, эвапоритовая, J_3	Абразивное сырьё (кремень, песчаник)	Восточно-Сулакское Гимринское, Унцукульское, Зиранинское, Могохское, Уллучаринское	н/д	P_3 – 3,0 млн т
			Агвали-Хивская	Терригенно-карбонатная, эвапоритовая, J_3	Гипс	Архитское, Годоберинский	$A + B + C_1$ – 2,9 млн т, P_3 – 31,9 млн т	н/д

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позднеальпийский, J_3–Q	Кавказская	Восточно-Кавказская	Агвали-Хивская	Терригенно-карбонатная, эвапоритовая, J_3	Минеральные пигменты	Архитское	Забалансовые – 140 тыс. т	н/д
					Известняки для химической мелиорации почв	Гергебильское	$A + B + C_1$ – 800 тыс. $м^3$	н/д
Раннеальпийский, J_1–J_2	Кавказская	Главного хребта	Бокового Хребта	Терригенная, $J_{1–2}$ Кварцевая, жильная (Терригенная, $J_{1–2}$)	Абразивное сырьё (кремень, песчаник)	Архитское, Хивское, Шилягинское, Кюрягское, Ферегское, Цумадинское,	н/д	P_3 – 5,0 млн т
					Высококачественное кварцевое сырьё	Тимринское, Каранское, Нагорное, Рис-Ор	то же	н/д
				Песчаниковая (угленосная), $J_{1–2}$	Цветные камни (гагат)	Харагская группа	–	P_2 – 109 т
				Терригенная, $J_{1–2}$	Абразивное сырьё (песчаник)	Косовское, Лучекское	н/д	н/д
					Цветные камни (оникс мраморный)	Кина	то же	P_1 – 15 т
				Кварцевая, жильная (Терригенная, $J_{1–2}$)	Высококачественное кварцевое сырьё	Хощта-Ор-Кусурское, Ихрекское, Гутонское Тляндинское, Оис-Ор, Чаанское, Гора Хрустальная	то же	н/д
			–	Кварцевая, жильная (вулканогенно-терригенная, $J_{1–2}$)	Высококачественное кварцевое сырьё	Гарбутлинское, Колак-Ор	то же	то же
			–	Габбро-диабазовая, $J_{1–2}$ (вулканогенно-терригенная, $J_{1–2}$)	Сырьё для производства базальтового волокна	Ахвай-Хурайский участок	то же	P_1 – 38,5 млн т, P_2 – 20,6 млн т

Примечание. н/д – нет данных, прочерк – не входит в состав минерагенического таксона.

12,5 млн м^3. В пределах Хивской площади установлены Шилягинское, Кюрягское, Хивское и Ферегское проявления песчаников. Прогнозные ресурсы песчаников по категории P_3 при средней мощности продуктивной толщи до 1000 м могут составить 350 млн м^3.

На данных площадях рекомендуется постановка поисковых работ с целью изучения качества сырья и возможных направлений его использования.

Доломиты являются новым нетрадиционным для Республики комплексным сырьём многоцелевого назначения. Прогнозные объекты доломитов Дагестана представляют большой практический интерес. Сырьё характеризуется высоким качеством: установлена возможность использования доломитов в стекольной, металлургической, сахарной, огнеупорной отраслях промышленности.

Широкое развитие доломиты имеют и в пределах Унцукуль-Могохской площади, где поисковыми работами установлены Унцукульское, Зиранинское, Могохское I (Араканское) и Могохское проявления [4]. Прогнозные ресурсы доломитов по кат. P_3 при средней мощности 100 м могут составить 5000 млн м^3. Рекомендуется проведение поисковых и поисковооценочных работ с аналитико-технологическими исследованиями, подсчётом запасов категории C_2 и оценкой прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2.

Гипс. Добыча и переработка гипса в Республике отсутствуют. Организация добычи и производства гипсовых вяжущих, создание на их основе современных высокоэффективных строительных материалов является для Дагестана весьма актуальной задачей.

Гипсы для использования в цементной, медицинской и других отраслях промышленности развиты в пределах Тлохской перспективной площади, где выявлены Тлохское и Тлохское I проявления. Прогнозные ресурсы гипсов по категории P_3 при средней мощности продуктивных горизонтов до 15,0 м могут составить 37,5 млн м^3.

Кроме того, гипсы развиты в пределах Унцукуль-Могохской площади, в пределах которой локализуются Могохское и Гимринское проявления. Прогноные ресурсы по категории P_3 оцениваются в 300 млн м^3.

В юго-восточной части Республики выделяется Чирахчайская перспективная площадь развития гипсов, где установлено Архитское месторождение. Прогнозные ресурсы гипсов при средней мощности продуктивных горизонтов 10,0 м могут быть оценены в 100 млн м^3.

Битуминозные песчаники. В Республике выделяется Верхне-Сулакская площадь с Пираузским перспективным участком. По предварительным данным, битуминозные песчаники пригодны для использования в основании автомобильных дорог любой технической категории. Прогнозные ресурсы категории P_3 площади могут составить 15 млн м^3.

Сырьё для производства базальтового волокна. Поисковыми работами, проведёнными в Южном Дагестане, выделена Курдульская площадь развития диабазовых пород, пригодных для производства супертонкого и тонкого базальтового волокна. Прогнозные ресурсы наиболее перспективного Ахвай-Хурайского участка оценены по категории P_1 в 38,5 млн т и по категории P_2 – 20,6 млн т [10].

Рекомендации к программе освоения и расширения МСБ неметаллов территории. При современной степени изученности минерально-сырьевого потенциала ТНПИ территории РД активность освоения разведанных и в достаточной степени изученных объектов остаётся на низком уровне.

Это в первую очередь относится к объектам стекольного, формовочного, цементного сырья, известняков для производства извести, облицовочных камней, доломитов многоцелевого использования, реализация потенциала которых могла бы внести существенный вклад в экономику Республики [8].

Основной задачей для освоения объектов ТНПИ является организация рекламно-информационной работы по привлечению инвестиций в недропользование [1]. Действующие в Республике стекольные производства, несмотря на наличие крупных запасов и ресурсов кварцевых песков и песчаников высокого качества, работают на привозном сырье. Проведённая геолого-экономическая оценка показала высокую эффективность освоения Пещерного и Султановского месторождений кварцсодержащего сырья, что, в свою очередь, позволит обеспечить стекольное производство местным сырьём.

В Республике имеются запасы и ресурсы карбонатного сырья, необходимого для производства стекла – доломиты Зиранинского, Унцукульского и Могохского I проявлений. Целесообразным представляется расширение в Республике производства стекловолокна и пеностекла для использования их в производстве высокоэффективных теплоизоляционных материалов [8].

Имеющаяся сырьевая база формовочных песков и песчаников способна обеспечить действующие в Республике литейные производства. Установлена экономическая эффективность освоения Капчугайского месторождения кварцевых песчаников.

При наличии огромных ресурсов цементного сырья собственное производство цемента отсутствует, что вызывает необходимость его закупок в других субъектах РФ. Возможность создания минерально-сырьевой базы и цементного производства в Республике имеется.

2. Прогнозные площади ТНПИ Республики Дагестан, рекомендуемые для геологического изучения на период 2022–2025 гг.

№№ п/п	Прогнозная площадь	Площадь, км^2	Полезное ископаемое (мощность продуктивного тела, м)	Месторождения, проявления, участки	Направления использования	Прогнозные ресурсы, категория P_3	Рекомендации
Абразивное сырьё (тыс. м^3)							
1	Унцукуль-Могохская	40	Кремень (20,0)	Унцукульское, Могохское и Гергебильское проявления	Производство абразивных материалов	12,5 млн м^3	проведение поисковых работ, технологические исследования
2	Хивская	15	Песчаники (до 1000 м)	Шилягинское, Хивское и Ферегское проявление	то же	350 млн м^3	то же
Доломиты многоцелевого использования пользования							
3	Унцукуль-Могохская	40	Доломиты (100,0)	Унцукульское, Зиранинское, Могохское I (Араканское), Могохское проявления	Получение металлического магния, вяжущих и термоизоляционных материалов, металлургическая, стекольная, сахарная промышленность	5000 млн м^3	проведение поисковых и поисково-оценочных работ, комплексные технологические исследования
Битумсодержащие породы							
4	Верхе-Сулакская	0,75	Песчаники битуминозные (20)	Пираузский участок	Дорожное строительство	15,0 млн м^3	проведение поисковых работ, технологические исследования
Гипс							
5	Тлохская	2,5	Гипс (15,0)	Тлохское, Тлохское I проявления	Цементная, керамическая промышленность, медицина, строительные изделия	37,5 млн м^3	проведение поисковых работ, комплексные технологические исследования
6	Унцукуль-Могохская	40	Гипс (60)	Могохское и Гимринское проявления	Цементная, керамическая промышленность, медицина, строительные изделия	300,0 млн м^3	то же
7	Чирахчай-ская	10	Гипс (10,0)	Архитское месторождение	Цементная, керамическая промышленность, медицина, стройматериалы	100,0 млн м^3	то же
Сырьё для производства базальтового волокна							
8	Курдульская	5	Диабазы (20,0)	Ахвай-Хурайский участок	Производство базальтового волокна	$P_1 + P_2$ 59 млн т	проведение оценочных работ, технологические исследования

Геолого-экономические расчёты показали высокую экономическую эффективность освоения Каранайского (известняки) и Ирганайского (глины) проявлений. Данные объекты находятся в нераспределённом фонде недр. Значительный прирост сырьевого потенциала получен по результатам поисковых работ, проведённых на территории Буйнакского и Карабудахкентского районов (месторождение высококачественных известняков Кукурт-Тау). Для обеспечения цементного производства гипсом наиболее перспективным представляется Унцукуль-Могохская площадь, рекомендуемая для проведения геологоразведочных работ.

В настоящее время в Республике отмечается высокий спрос на строительные материалы, используемые в первую очередь для индивидуального строительства.

Спрос на строительную известь может быть удовлетворён как за счёт освоения месторождений, разведанных для этой цели, так и за счёт организации её попутного производства на месторождениях строительного и пильного камня [6].

В Республике в пределах Левашинской и Рубасчайской перспективных площадей оценены крупные прогнозные ресурсы цеолитсодержащих пород, которые включены в Программу лицензирования для проведения разведочных работ и последующего их освоения [1].

Анализ и оценка минерально-сырьевой базы показывают, что имеющиеся запасы и прогнозные ресурсы твёрдых нерудных полезных ископаемых могут и должны стать основой социально-экономического развития Республики Дагестан, что требует их систематического геологического изучения, воспроизводства запасов и планомерного увеличения объёмов добычи востребованных на рынке видов нерудного сырья.

Анализ размещения продуктивных формаций, их ресурсного потенциала и минерагенической специализации конкретных зон, подзон и районов в пределах Республики Дагестан может быть использован при планировании геологоразведочных работ, направленных на расширение и освоение минерально-сырьевой базы НПИ Республики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксенов Е. М., Вертий С. Н., Беляев Е. В.* Основные направления и первоочередные объекты изучения и освоения нерудного сырья Северного Кавказа // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа / Под ред. И. А. Керимова. – Т. VII, Ч. 1. – М. : ИИЕТ, 2017. – С. 12–20.
2. *Антонов В. А., Беляев Е. В.* Перспективы создания минерально-сырьевой базы абразивного сырья на территории Северного Кавказа // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография / Под ред. И. А. Керимова, В. А. Широковой – Т. V. – Грозный : Грозненский рабочий, 2016. – С. 20–29.
3. *Багатаев Р. М., Беляев Е. В. [и др.]* Минерально-сырьевая база нерудных полезных ископаемых Республики Дагестан: анализ, оценка, перспективы использования и развития // Минеральные ресурсы России. – 2010. – № 4. – С. 17–24.
4. *Багатаев Р. М., Курбанов М. М. [и др.]* О перспективах создания и промышленного освоения минерально-сырьевой базы доломитов в Республике Дагестан // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа: материалы научно-практической конференции (13–15 сентября 2006 г.). – Махачкала, 2006. – С. 10–11.
5. *Беляев Е. В.* Минерагеническое районирование Северного Кавказа на неметаллы // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа / Под ред. И. А. Керимова, В. Б. Заалишвили, В. И. Черкашина. – Т. VI. – Грозный : АН ЧР, 2017. – С. 66–76.
6. *Беляев Е. В., Антонов В. А.* Природные строительные материалы республики Дагестан // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам IX Всероссийской научно-технической конференции с междунар. участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (10–12 октября 2019 г., г. Ессентуки) / Под ред. И. А. Керимова, В. Б. Заалишвили, В. И. Черкашина. – Т. IX. – М. : ИИЕТ РАН, 2019. – С. 107–121.
7. *Беляев Е. В., Антонов В. А. [и др.]* Новые виды минерального сырья Северного Кавказа // Минеральные ресурсы России. – 2016. – № 6. – С. 15–21.
8. *Беляев Е. В., Антонов В. А. [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.
9. *Курбанов М. М., Беляев Е. В.* Южно-Дагестанский горнопромышленный район: рудоносность и перспективы освоения // Минеральные ресурсы России. – 2018. – № 6. – С. 17–25.
10. *Шиляев А. И., Беляев Е. В. [и др.]* Диабазы Дагестана – источник сырья для производства базальтового волокна // Строительные материалы. – 2018. – № 7–8. – С. 28–32.

REFERENCES

1. *Aksenov Ye. M., Vertiy S. N., Belyayev Ye. V.* Osnovnyye napravleniya i pervoocherednyye ob»yekty izucheniya i osvoyeniya nerudnogo syr'ya Severnogo Kavkaza [Main directions and priority objects of study and development of non-metallic raw materials of the North Caucasus]. Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza. Ed. I. A. Kerimov, V. 7, Pt. 1, Moscow, IIYET publ., 2017, pp. 12–20. (In Russ.)
2. *Antonov V. A., Belyayev Ye. V.* Perspektivy sozdaniya mineral'no-syr'yevoy bazy abrazivnogo syr'ya na territorii Severnogo Kavkaza [Prospects for creating a mineral resource base of abrasive raw materials in the North Caucasus]. Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza. Kollektivnaya monografiya, Ed. I. A. Kerimov, V. A. Shirokov, V. 5, Groznyy, Groznenskiy rabochiy publ., 2016, pp. 20–29. (In Russ.)
3. *Bagatayev R. M., Belyayev Ye. V. [et al.]* Mineral'no-syr'yevaya baza nerudnykh poleznykh iskopayemykh Respubliki Dagestan: analiz, otsenka, perspektivy ispol'zovaniya i razvitiya [Mineral resource base of non-metallic minerals of the Republic of Dagestan: analysis, assessment, prospects for use and development]. Mineral'nyye resursy Rossii [Mineral Resources of Russia], 2010, No. 4, pp. 17–24. (In Russ.)
4. *Bagatayev R. M., Kurbanov M. M. [et al.]* O perspektivakh sozdaniya i promyshlennogo osvoyeniya mineral'no-syr'yevoy bazy dolomitov v Respublike Dagestan [On the prospects for the creation and industrial development of the mineral resource base of dolomites in the Republic of Dagestan]. Geologiya i mineral'no-syr'yevyye resursy Yuzhnogo federal'nogo okruga: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii (13–15 sentyabrya 2006 g.), Makhachkala, 2006, pp. 10–11. (In Russ.)
5. *Belyayev Ye. V.* Mineragenicheskoye rayonirovaniye Severnogo Kavkaza na nemetally Kavkaza [Minerogenic zoning of the North Caucasus for non-metals]. Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo. Ed. I. A. Kerimov, V. B. Zaalishvili, V. I. Cherkashin, V. 6, Groznyy, AN CHR publ., 2017, pp. 66–76. (In Russ.)
6. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A.* Prirodnyye stroitel'nyye materialy respubliki Dagestan [Natural building materials of the Republic of Dagestan]. Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza. Kollektivnaya monografiya po materialam IX Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunar. uchas-tiyem «Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza» (10–12 oktyabrya 2019 g., g. Yessentuki). Ed. I. A. Kerimov, V. B. Zaalishvili, V. I. Cherkashin. V. 9, Moscow, IIYET RAN publ., 2019, pp. 107–121. (In Russ.)
7. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A. [et al.]* Novyye vidy mineral'nogo syr'ya Severnogo Kavkaza [New types of mineral raw materials of the North Caucasus]. Mineral'nyye resursy Rossii [Mineral Resources of Russia], 2016, No. 6, pp. 15–21. (In Russ.)
8. *Belyayev Ye. V., Antonov V. A. [et al.]* Strategiya izucheniya, razvitiya i osvoyeniya mineral'no-syr'yevoy bazy tverdykh nemetallicheskikh poleznykh iskopayemykh Cevernogo 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 [Exploration and protection of mineral resources], 2015, No. 9, pp. 18–31. (In Russ.)
9. *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]. Mineral'nyye resursy Rossii [Mineral Resources of Russia], 2018, No. 6, pp. 17–25. (In Russ.)
10. *Shilyayev A. I., Belyayev Ye. V. [et al.]* Diabazy Dagestana – istochnik syr'ya dlya proizvodstva bazal'tovogo volokna [Diabases of Dagestan as a source of raw materials for the production of basalt fiber]. Stroitel'nyye materialy, 2018, No. 7–8, pp. 28–32. (In Russ.)

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10015

УДК 553.411'3/'9(571.61)
© Н. С. Остапенко, О. Н. Нерода, 2022

Золотоносность полиметаллической минерализации Чагоян-Джурканского рудного поля Приамурья

Чагоянский золотоносный узел Приамурья с большим числом мелких промышленных россыпей размещается на территории северо-западной части Буреинского срединного массива. Первая россыпь золота была выявлена в долине руч. Чагоян ещё в 1893 г. Однако длительные поиски золоторудных месторождений на территории узла, ориентированные на обнаружение богатых золото-кварцевых жил, не увенчались успехом. При этом в 1960-е гг. были выявлены первые проявления полиметаллических руд и предварительно разведано Чагоянское полиметаллическое месторождение прожилково-вкрапленных сульфидных руд с малыми запасами свинца и цинка. В процессе поисково-разведочных работ отбираемые на них пробы на золото не анализировались. Авторами статьи в 1993 г. и в последующие годы были проведены изучение и ревизионное опробование на золото отвалов канав, ранее вскрывших залежи полиметаллических руд Чагоянского месторождения и ряда рудопроявлений в Чагоян-Джурканском рудном поле. При совместном анализе полученных результатов и материалов предшественников была установлена принципиальная золотоносность проявлений минерализации этого типа, многостадийность её формирования, геолого-структурные условия рудолокализации и генетическая связь с глубинным раннемеловым магматическим очагом основного состава. Считавшаяся полиметаллической минерализация рудного поля отнесена к золото-полиметаллической формации. Её залежи являлись источниками золота для формирования россыпей по дренирующим водотокам. В Чагоян-Джурканском рудном поле прогнозируется возможность выявления промышленных запасов рудного золота в количестве, соответствующем среднему месторождению.

Ключевые слова: золотоносность полиметаллических руд, условия рудолокализации, стадийность формирования, генетическая связь с магматизмом, прогноз.

ОСТАПЕНКО НИКОЛАЙ СТЕПАНОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, ostapenko_ns@mail.ru

НЕРОДА ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА, научный сотрудник, neroda67@mail.ru

Институт геологии и природопользования (ИГиП) ДВО РАН, г. Благовещенск

Gold-bearing potential of polymetallic mineralization of the Chagoyan-Dzurkan ore field, Amur Region

N. S. OSTAPENKO, O. N. NERODA

Institute of Geology and Nature Management, FEB RAS, Blagoveshchensk

The Chagoyan gold-bearing cluster in the Amur Region, accommodating a large number of small commercial gold placers, is located in the northwestern section of the Bureya median massif. The first gold placer was discovered in the Chagoyan stream valley as early as in 1893. However, subsequent long-term prospection works for gold deposits over the cluster territory, focused on attempts to discover rich gold-quartz veins, were not successful. Nevertheless, in the 1960s, the first occurrences of polymetallic ores were revealed, and the Chagoyan polymetallic deposit of veinlet-disseminated sulfide ores with small lead and zinc reserves was preliminarily explored. Samples taken at them in the course of the geological prospection and exploration were not analyzed for gold. In 1993 and subsequent years, the authors of this article conducted surveying and revision sampling of dumps of the trenches that had previously exposed polymetallic bodies of the Chagoyan ore deposit and of a number of ore occurrences in the Chagoyan-Dzhurkan ore field. An analysis of the results obtained, in combination with historical data, has made it possible to reveal a principal gold-bearing potential of occurrences of this mineralization type, their multistage nature, the structural geological conditions of the ore localization, and their genetic relationship to a deep-seated Early Cretaceous magma chamber of basic composition. The mineralization of the ore field, that was once considered to be polymetallic, has been assigned to the gold-polymetallic formation. The gold-containing loads of this formation were the sources of gold for the placers along draining watercourses. It is forecasted that industrial-scale ore gold reserves corresponding to medium-sized ore deposit can be revealed in the Chagoyan-Dzhurkan ore field.

Key words: gold-bearing potential of polymetallic ores, ore-localization conditions, stage by stage nature of ore formation, genetic relationship to magmatism, forecast.

В статье оценивается золотоносность проявлений полиметаллической минерализации, выявленных ещё в начале 1960-х гг. в юго-восточной части Чагоянского (синоним Сиваглинского) золотоносного узла в геоструктурах Буреинского серединного массива [3, 5]. Он размещается в среднем течении р. Зея – главного притока р. Амур. Первая промышленная россыпь золота в этом узле была установлена в среднем течении руч. Чагоян ещё в 1893 г. и вскоре была отработана. В последующие годы в пределах этого узла были выявлены ещё десятки россыпей с богатыми мелким золотом песками (до 0,9–3,9 г/м^3 и более). К концу 1930-х гг. они тоже были отработаны, причём в некоторых из них были найдены также более крупное золото и его самородки весом до 100–200 г, например в россыпи руч. Чагоян. Попытки обнаружить здесь коренные источники россыпей в 1940–1960-х гг. (М. В. Сухин, 1957; В. А. Миловская, В. А. Конев, 1960), ориентированные на поиски промышленных золото-кварцевых жил, не увенчались успехом.

В 1959 г. при заверке установленной М. В. Сухиным контрастной литохимической аномалии Pb и Zn на левобережье р. Зея (в истоках ручья Бурматовского) в терригенных и карбонатных породах венда–нижнего кембрия (?) сухарниковской и чагоянской свит была установлена прожилково-вкрапленная полиметаллическая минерализация будущего Чагоянского месторождения. Проведённые в 1960–1963 гг. его детальное опоискование (Ю. А. Сафронов, 1960) и буровая разведка (А. М. Винтер и др., 1962) показали, что Чагоянское месторождение имеет малые запасы сульфидных и окисленных полиметаллических руд промышленной категории C_2, оценённые в 40,0 млн т со средним содержанием суммы свинца и цинка 1,2 %. В процессе поисков и разведки руды этого месторождения и других рудопроявлений полиметаллов, обнаруженных в рудном поле, на золото не оценивались. Удачным исключением поисков в эти годы явился лишь аномальный участок горы Волчья Яма в истоках ручья Буколь. Часть отобранных на этом участке проб окварцованных песчаников с вкрапленностью сульфидов была проанализирована на золото спектрохимическим методом. В результате в них были обнаружены содержания золота до 0,3–0,5 г/т (Р. А. Антипина и др., 1970). Позднее по результатам спектрохимического анализа материала рыхлых отложений и кор выветривания из скважин картировочного бурения станком УПБ-25, пройденных по боковым водоразделам ручьёв Большой и Малый Джуркан, Чагоян, Бурматовский (А. В. Ложников и др., 1984), были установлены вторичные ореолы рассеяния золота с содержаниями 0,01−0,08 г/т. В единичных скважинах содержания золота в древней коре выветривания достигали 6–9 г/т и выше, в том числе на территории южной части Чагоянского полиметаллического месторождения. По результатам лотковой промывки материала из кор выветривания в нём было установлено присутствие мелких знаков самородного золота.

Авторами данной статьи в 1993 г. и позднее на территории Чагоян-Джурканского рудного поля и на некоторых участках правобережья р. Зеи [6] проводилась ревизия на рудное золото проявлений полиметаллических руд. В связи с крайне неудовлетворительной обнажённостью и заболоченностью территории узла, а также значительной перекрытостью коренных пород останцами чехла рыхлых отложений белогорской свиты N_2–Q_1 мощностью в несколько десятков метров нами обследовались и опробовались отвалы пройденных предшественниками линий картировочных шурфов и канав, вскрывших рудные зоны. Пробы из отвалов канав отбирали пунктирно-бороздовым способом мелкими сколками из серии обломков по интервалам 5 или 10 м, общим весом по 300–400 г. Пробы анализировались спектральным приближённо-количественным методом на широкий круг элементов и дополнительно спектрохимическим и пробирным методами анализа на золото. В результате в ряде проб, в том числе и в штуфных пробах минерализованных сульфидизированных и окварцованных пород, отобранных из керна разведочных скважин полиметаллических руд Чагоянского месторождения, было установлено присутствие золота в количествах от 0,4 до 6,47 г/т, а в единичных пробах – до 23,8–37,4 г/т.

Краткая характеристика геологического строения рудного поля и золотоносности проявлений полиметаллических руд. Чагоян-Джурканское рудное поле расположено на левобережье среднего течения реки Зея между устьями её притоков Джуркан и Буколь (рис. 1). Здесь, в северной части Амуро-Зейской депрессии, из-под горизонтально залегающего чехла неоген-раннечетвертичных рыхлых отложений белогорской свиты мощностью местами до нескольких десятков метров частично обнажается её фундамент. Он представлен дислоцированными терригенными и карбонатными осадочными отложениями условно венда–нижнего кембрия (?), слагающими крупную антиклинальную складку северо-западного простирания, осложнённую складками второго и более высоких порядков. Ядерная и приядерная части антиклинали сложены терригенными отложениями сухарниковской свиты – тонкозернистыми песчаниками и алевролитами нижней части, мелко- и тонкозернистыми песчаниками средней части, а также грубозернистыми и среднезернистыми песчаниками верхней части этой толщи. Терригенные отложения перекрыты толщей карбонатных осадков – известняками

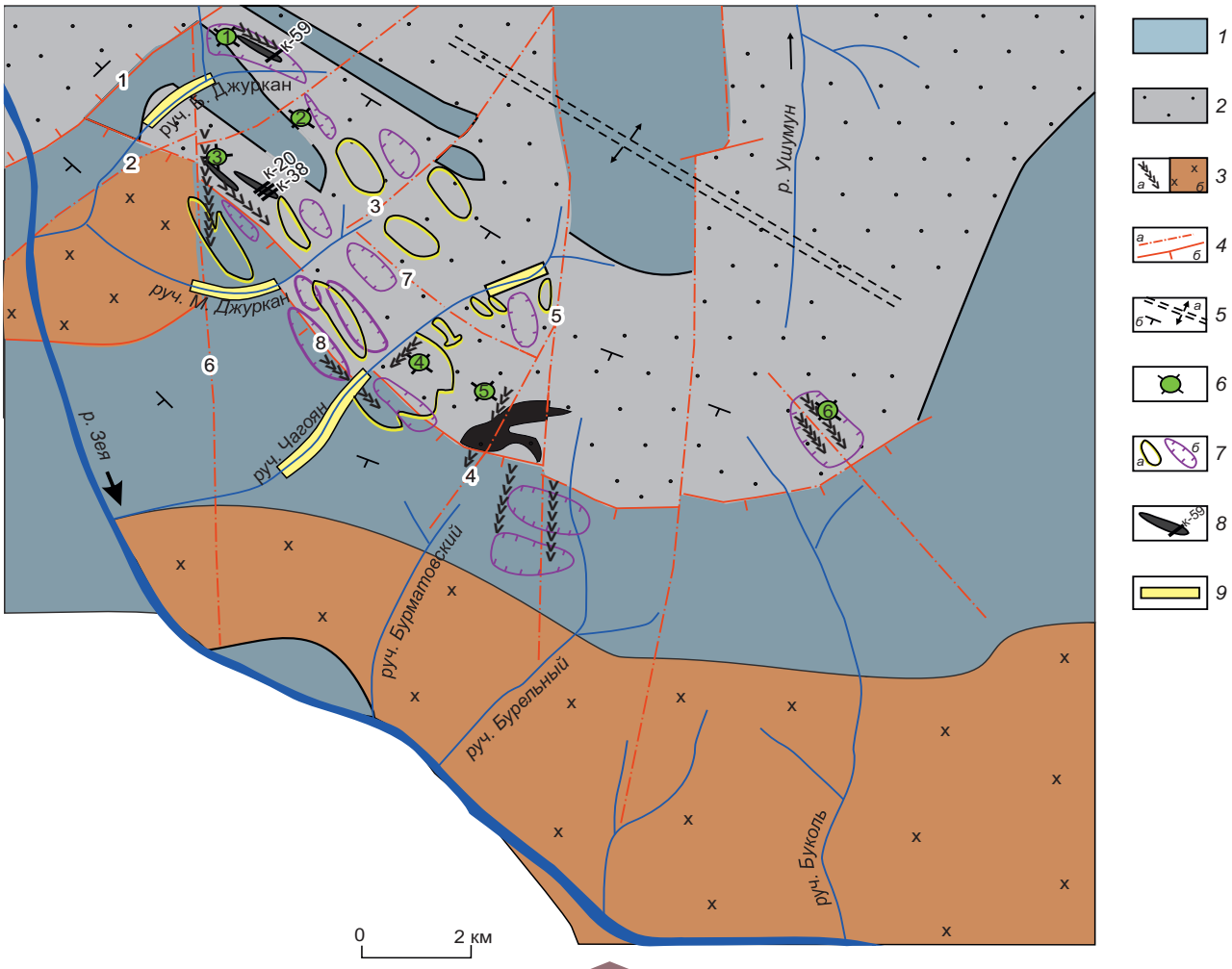


Рис. 1. Схема геологического строения и рудоносности Чагоян-Джурканского рудного поля. *По А. М. Винтер, 1962, И. Г. Хельвас, 1964*:

1 – карбонатные отложения V–Cm_1(?) чагоянской свиты; *2* – толща терригенных отложений сухарниковской свиты V–Cm_1(?); *3* – дайки порфиритов K_1 (*а*) и массивы гранитоидов среднего и кислого состава C_{2-3} (*б*); *4* – разломы: *а* – сбросы и *б* – надвиги (Сиваглинский (1), Джурканский (2), Мало-Джурканский (3), Бурматовский (4), Восточный (5), Западный (6), Сухарниковский (7), Чагоянский (8)); *5* – примерное положение оси брахиантиклинали (*а*), залегание пород (*б*); *6* – месторождение Чагоян (5), рудопроявления Стрелка (1), Джуркан (3), аномальные участки Зимний (2), Левобережный (4) и Волчья Яма (6); *7* – экзогенные аномалии: *а* – золота (0,01–0,08 г/т), *б* – комплексные аномалии свинца (≥ 0,01 %) и цинка (≥ 0,01 %); *8* – рудные зоны, опробованные канавы и их номера; *9* – отработанные россыпи золота по водотокам

и доломитами с прослоями в её нижней части глинистых и глинисто-кремнисто-слюдистых сланцев и песчаников.

Охарактеризованный комплекс осадочных пород прорван крупными телами гранитоидов средне-, позднекаменноугольного (?) возраста ранней (диориты, кварцевые диориты и габбро-диориты) и поздней (граниты, гранодиориты, адамеллиты, граносиениты) фаз и многочисленными дайками микродиоритов и диоритовых порфиритов раннемелового буриндинского магматического комплекса. Распределение на этой территории малых интрузивных тел раннемелового буриндинского магматического комплекса и их скоплений неравномерное и контролируется в основном узлами пересечения тектонических нарушений субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простираний (см. рис. 1).

Полиметаллическая минерализация Чагоян-Джурканского рудного поля сосредоточена в юго-западном крыле основной брахиантиклинали (см. рис. 1). Она представлена рудными телами Чагоянского месторождения и установлена на рудопроявлениях

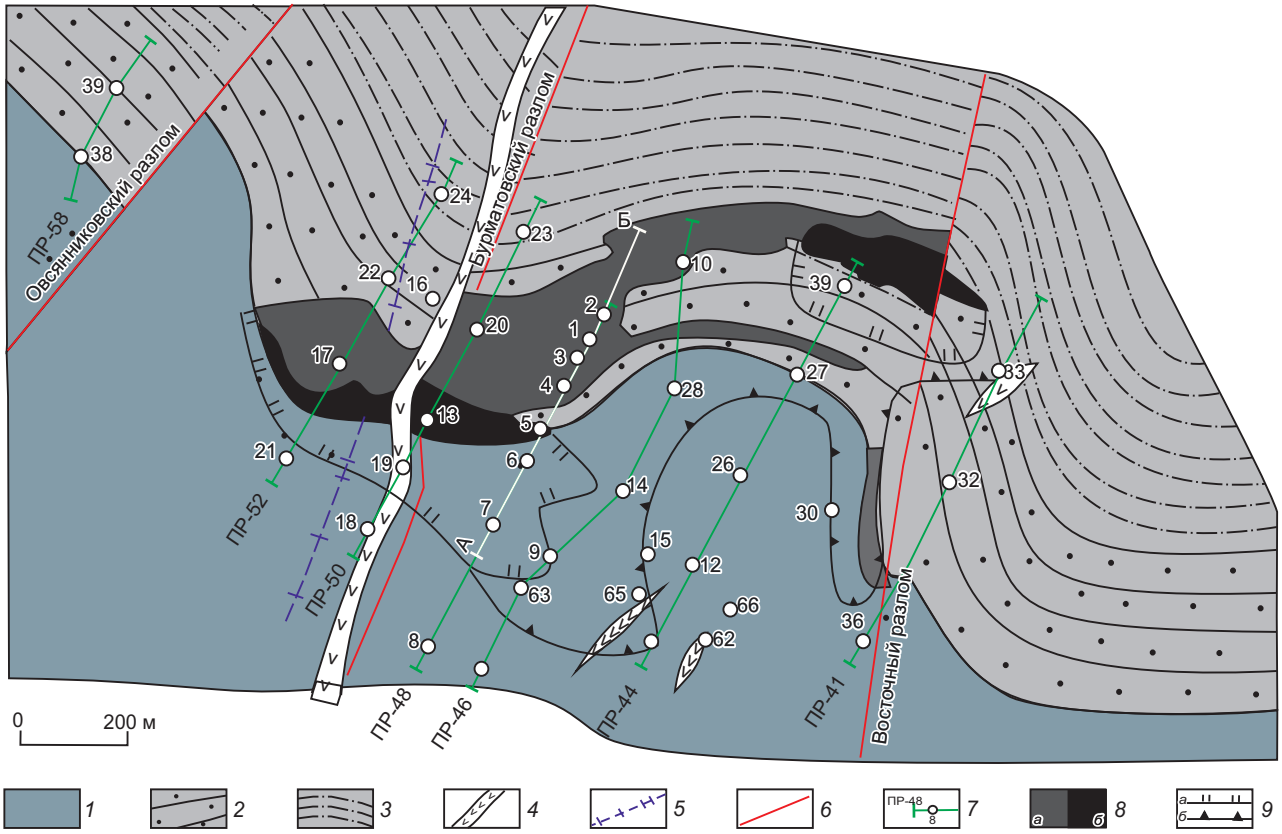


Рис. 2. Чагоянское золото-полиметаллическое месторождение. *По И. Г. Хельвас, 1964 и Е. В. Дмитренко, 2009, с упрощениями*:

1 – известняки и доломиты; песчаники: *2* – крупнозернистые, *3* – среднезернистые; *4* – дайки порфиритов; *5* – кварц-турмалиновые жилы; *6* – разломы; *7* – профили разведки, буровые скважины и их номера; *8* – контуры выходящих на поверхность рудных тел: *а* – с содержаниями суммы Pb и Zn ≥ 0,5 %, Au 0,3–1 г/т, Ag 1–3 г/т, *б* – с содержаниями суммы Pb и Zn ≥ 2 %, Au ≥ 1 г/т; *9* – проекции на горизонтальную поверхность контуров рудных тел: *а* – с содержаниями суммы Pb и Zn ≥ 2 %, Au ≥ 1 г/т, *б* – с содержаниями суммы Pb и Zn ≥ 0,5 %, Au 0,3–1,0 г/т; АБ – линия разреза

Джуркан, Стрелка, Волчья Яма. Также минерализация предполагается на ряде выявленных, но ещё не оценённых первичных и вторичных ореолов рассеяния свинца и цинка по периферии рудного поля, в частности, южнее рудопроявления Джуркан, а также на аномальных участках Зимний, Волчья Яма и др. Протяжённость рудного поля составляет 12 км, ширина – 3,4 км.

Чагоянское полиметаллическое месторождение размещается на юго-западном крыле Чагоянской брахиантиклинали, в истоках ручьёв Бурматовский и Бурельный. Оно выявлено в 1959 г. М. В. Сухиным (1960) в процессе геологосъёмочных работ масштаба 1:200 000. В 1960–1963 гг. оно было предварительно разведано буровыми скважинами (рис. 2) до глубин 200–250 м, с подсчётом разведанных запасов свинца и цинка категории C_2 (указано выше). Сульфидная рудная залежь месторождения контролируется осложняющей юго-западное крыло брахиантиклинали антиклиналью второго порядка северо-восточного простирания, между разведочными профилями 50 и 41. По бортовому содержанию в пробах суммы свинца и цинка 0,5 % в рудной залежи месторождения выделены три сближенных рудных тела мощностью 30–60 м, с рядовыми (Σ Pb + Zn ~ 0,5–2 %) и более богатыми (Σ Pb + Zn > 2 %) первичными прожилково-вкрапленными сульфидными рудами и одна крупная приповерхностная залежь окисленных руд с аналогичными содержаниями в рядовых и более богатых рудах свинца и цинка, переотложенных в крупную карстовую полость (рис. 3).

Рудные тела полиметаллических прожилково-вкрапленных сульфидных руд этого месторождения тяготеют к зоне контакта слоистых карбонатной и терригенной толщ V–Cm_1. Они не имеют чётких геологических границ, обладают переменной мощностью,

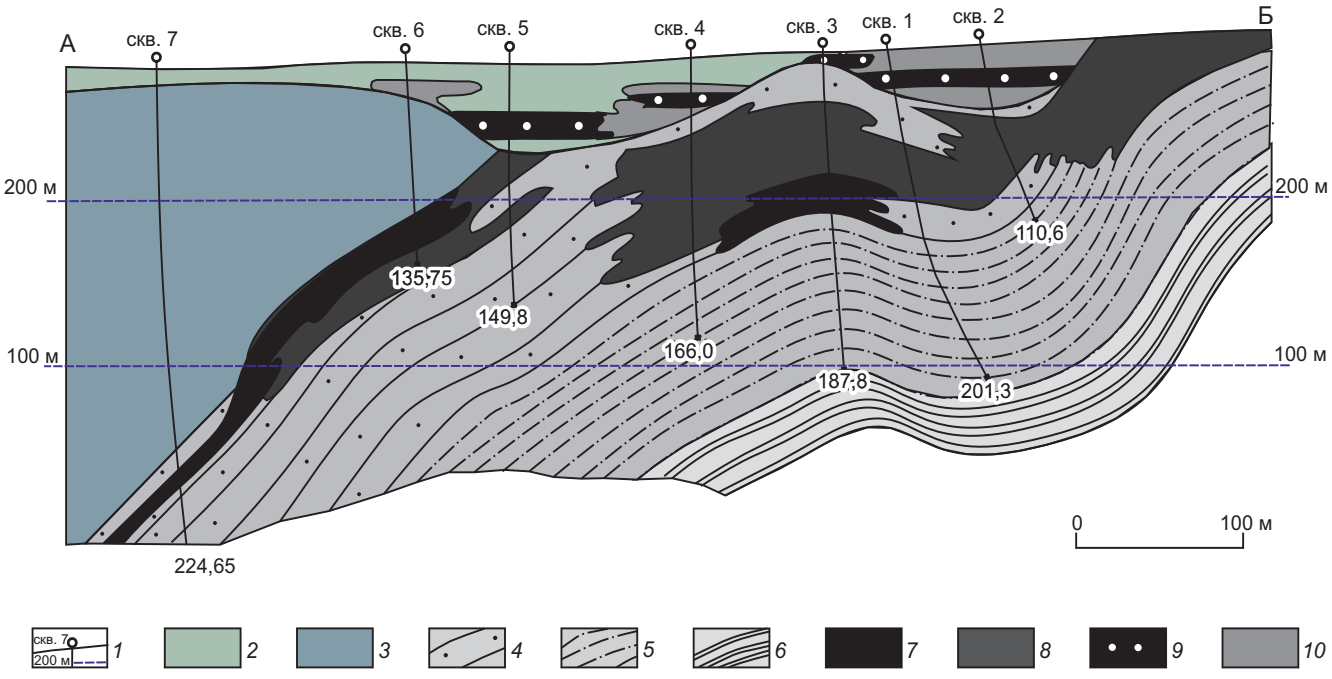


Рис. 3. Поперечный геологический разрез АБ (см. рис. 2, масштаб увеличен) Чагоянского месторождения по профилю 48. *По И. Г. Хельвас, 1964*:

1 – поверхность, скважины и гипсометрические отметки (м); *2* – кора выветривания палеоген-четвертичного возраста; *3* – доломиты и доломитовые известняки; *4–6* – песчаники: *4* – крупнозернистые, *5* – средне- и мелкозернистые, *6* – мелко- и тонкозернистые с прослоями сланцев; *7–8* – первичные сульфидные руды с содержаниями Pb и Zn в сумме (в %): *7* – > 2 и *8* – > 0,5; *9–10* – переотложенные окисленные руды в коре выветривания с содержаниями Pb и Zn в сумме (в %): *9* – > 2 и *10* – > 0,5

располагаются параллельно контакту этих толщ, в основном среди наиболее проницаемых трещиноватых и будинированных крупнозернистых песчаников верхней пачки сухарниковской свиты. Их протяжённость достигает 1400 м. Относительно богатые свинцом и цинком первичные руды тяготеют как к центральным частям, так и к висячим бокам рудных тел. Сульфиды в рудах представлены пиритом, галенитом, сфалеритом. В подчинённом количестве присутствует халькопирит.

Анализ материалов буровой разведки месторождения показывает, что рудные тела недоразведаны на глубину. Многие скважины на приведённом (см. рис. 3) и других разведочных профилях остановлены в первом рудном теле (как скважина 6) или в ореоле его лежачего бока (скважины 5, 7 – все на профиле № 48), либо в надрудном ореоле следующего тела, или вообще недобурены до рудоконтролирующего контакта толщ (например, скважина 8, профиль 48 на рис. 2).

Как отмечено выше, пробы, отобранные при разведке полиметаллических руд из керна и канав, на золото не анализировались. Пробирный анализ отобранных нами в 1993 г. 14 штуфных проб из непривязанного (немаркированного) керна разведочных скважин этого месторождения показал присутствие золота во всех пробах (см. таблицу).

В работе [3] со ссылкой на исследование Е. В. Дмитренко (2009) указано, что среднее содержание золота в телах первичных полиметаллических руд Чагоянского месторождения составляет 1,75 г/т, а в переотложенных окисленных рудах – 2,5 г/т. С учётом приведённых данных для неполно разведанной части месторождения расчётный ресурс золота в рамках разведанных запасов полиметаллических руд категории C_2 до глубин 200–250 м мы оцениваем в 41 т, а с учётом его возможной доразведки он может быть несколько повышен.

Рудопроявление Джуркан расположено в 5 км северо-западнее месторождения Чагоян на водоразделе ручьёв Малый и Большой Джуркан. Оно так же размещается в зоне контакта пологозалегающих карбонатной и песчаниковой толщ. Дальневосточной геохимической экспедицией в 1961–1963 гг. здесь при заверке канавами и единичными скважинами

Результаты анализов штуфных проб из керна разведочных скважин Чагоянского полиметаллического месторождения и пунктирно-бороздовых проб с отвалов магистральной канавы № 59 рудопроявления Стрелка

№ пп	№ пробы	Интервалы отбора проб в магистральной канаве (от северного конца)	Содержания элементов, г/т								Материал проб
			Au	Pb	Zn	Cu	Ag	As	Sn	Mo	
1. Штуфные пробы керна разведочных скважин* Чагоянского месторождения (метасоматизированные пиритизированные породы)											
1	НЧ-101		23,8	300	3000	100	1,0	–	10	–	Брекчия известняка с пиритом (10 %) в цементе
2	НЧ-103		1,8	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	н/а	Метасоматизированный песчаник с пиритом (30 %)
3	НЧ-104		0,4	300	100	10	0,1	30	2	–	Песчаник с вкрапленным пиритом (15 %)
4	НЧ-105		0,4	200	–	7	0,2	<30	2	–	Песчаник с вкрапленным пиритом (15 %)
5	НЧ-106		0,4	300	1000	50	0,5	–	1	–	Известняк с вкрапленным пиритом (25 %)
6	НЧ-107		0,4	700	7000	30	0,5	30	2	3	Известняк с вкрапленным пиритом (25 %)
7	НЧ-110		0,2	700	>1%	20	0,7	–	3	5	Песчаник с вкрапленным пиритом (20 %)
8	НЧ-111		0,6	70	1000	50	0,3	–	2	–	Известняк с вкрапленным пиритом (20 %)
9	НЧ-112		0,4	100	200	100	0,3	–	2	1	Окварцованный известняк с прослойками пирита (10 %)
10	НЧ-113		37,4	10	100	20	0,3	–	–	1	Окварцованный известняк с тонкозернистым пиритом (20 %)
11	НЧ-114		0,4	15	–	10	0,2	–	–	–	Известняк с вкрапленным пиритом (5 %)
12	НЧ-115		0,6	15	100	40	0,2	–	2	–	Известняк с вкрапленным пиритом (10 %)
То же, из зоны окисления и выщелачивания											
13	НЧ-108		1,0	1500	1000	50	0,7	50	3	–	Рассланцованные песчаники, ожелезнённые
14	НЧ-109		0,4	1500	300	20	0,2	40	–	–	Песчаники ожелезнённые
2. Пунктирно-бороздовые пробы, отобранные по интервалам 10 м из выветрелых обломков пород в отвалах канавы № 59 рудопроявления Стрелка											
15	Н -12014	10–20 м	0,6	7	70	7	0,07	<30	1	1	Песчаник выветрелый с прожилками кварца
16	Н-12015	20–30 м	2,4	3	–	7	0,25	–	–	1	Песчаник выветрелый с прожилками кварца
17	Н-12020	90–100 м	20,0	10	–	20	0,1	–	–	–	Песчаник выветрелый с прожилками кварца
18	Н-12021	100–110 м	0,8	300	–	7	0,2	<30	–	1	Песчаник выветрелый с прожилками кварца
19	Н-12025	140–150 м	1,4	10	30	10	0,05	50	3	1	Доломит с прожилками кварца и кальцита
20	Н-12026	150–160 м	0,8	200	300	15	0,05	–	5	–	Известняк окварцованный (глыбы)

Примечание. * – нами опробован немаркированный керн, обнаруженный на участке разведки в сгоревшем кернохранилище. Анализы выполнены в АмурКНИИ ДВО РАН: на золото – пробирным методом, исполнитель Л. А. Чурсина, на остальные элементы – приближённо-количественным спектральным методом; прочерки – содержания элементов ниже предела обнаружения; н/а – не анализировалось.

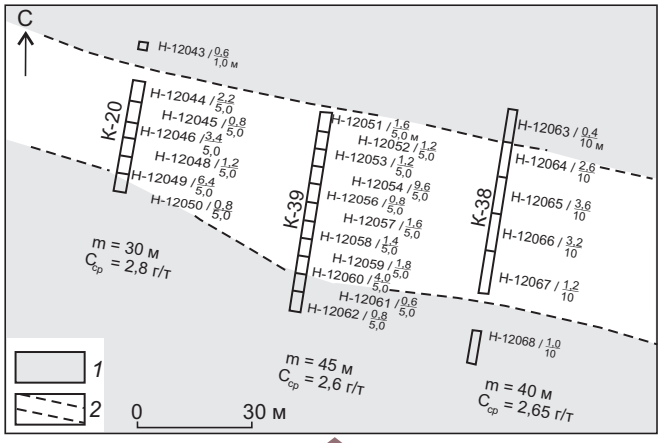


Рис. 4. Результаты опробования на золото отвалов ранее пройденных канав (20, 39, 38), вскрывших юго-восточный фланг залежи-2 Джурканского рудопроявления полиметаллических руд:

1 – крупнозернистые песчаники верхней части отложений сухарниковской свиты; *2* – контур зоны окисленной прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации с наложенными золото-кварцевыми прожилками, выделенный по бортовому содержанию золота 1 г/т; дробь на рисунке: знаменатель – интервалы отбора пунктирно-бороздовых проб с отвалов канав (м) и числитель – содержания золота (г/т)

выявленного при детальных поисках контрастного эндогенного ореола свинца и цинка с помощью линий шурфов были вскрыты, а канавами прослежены две кулисообразно залегающие зоны (см. рис. 1) единой залежи северо-восточного простирания окисленных прожилково-вкрапленных руд общей протяжённостью около 700 м и шириной около 40 м, с содержаниями свинца до 0,064–1,2 %, цинка до 0,7–4,75 %. Так, по канаве 20 ширина полосы с содержаниями Pb + Zn ≥ 0,5 % составляет 26 м, а внутренней её части с содержаниями ≥ 1,0 % – 23 м. Вмещающие свинец и цинк рассланцованные песчаники метасоматически окварцованы, серицитизированы и пиритизированы. В процессе опоискования и разведки полиметаллических руд этого рудопроявления отобранные пробы на золото также не анализировались. При последующей ревизии этого рудопроявления на золото нами было проведено пунктирно-бороздовое опробование обломков в отвалах трёх канав, вскрывших юго-восточный фланг зоны 2 рудной залежи на расстоянии 50 м одна от другой, интервалами по 5 или 10 м (рис. 1 и 4). Пробирными анализами во всех отобранных пробах установлены варьирующие содержания золота от 0,6 до 6,4 г/т. По бортовому содержанию золота 1 г/т здесь выделена полоса прожилково-окварцованных пород с окисленными сульфидами шириной 30–45 м со средними содержаниями золота 2,8, 2,6 и 2,65 г/т в каждом из пересечений соответственно. Эта золотоносная зона пространственно совмещается с зоной распространения окисленных вкрапленных полиметаллических руд и выявленными здесь геофизическим аномалиями проводимости методом вызванной поляризации (Г. А. Павлов и др., 1964) и методом заряда (Р. А. Антипина и др., 1969). На рис. 1 из-за его мелкого масштаба эти аномалии не показаны.

Несколько южнее этого рудопроявления, так же вблизи контакта песчаников с карбонатными отложениями размещается параллельная менее контрастная, не заверенная канавами и скважинами Южно-Джурканская литохимическая аномалия свинца и цинка. Ситуация размещения двух этих аномальных участков относительно контакта песчаниковой и карбонатной толщ сходна с отмеченным размещением рудных тел в залежи Чагоянского полиметаллического месторождения. Кроме этого, на охарактеризованном участке ещё в большей мере наблюдается пространственная связь золото-полиметаллической минерализации с узлом сосредоточения в рудном поле наиболее крупного скопления даек диоритовых порфиритов на пересечении Чагоянского надвига северо-западного простирания и пересекающего его магмо- и флюидоподводящего Западного разлома субмеридионального простирания. С удалением на северо-запад и юго-восток от этого узла интенсивность минерализации (на основании постепенного выклинивания контрастных эндогенных литохимических аномалий свинца и цинка) снижается. Прогнозные ресурсы золота в залежах руд рудопроявления Джуркан оценены в 17,4 т.

Рудопроявление полиметаллов Стрелка размещается в истоках руч. Б. Джуркан, на правом склоне его долины в «стандартной» для рудного поля позиции – так же в зоне контакта карбонатной и песчаниковой толщ. Вскрытие обнаруженной контрастной эндогенной аномалии свинца и цинка на поисковой шурфовой линии № 16 заверочной магистральной канавой № 59 и прослеживание выработками по простиранию показали значительные параметры полосы минерализованных пород: её ширина 250–300 м, длина более 900 м (Р. А. Антипина и др., 1970). В ней выделяются две сближенные минерализованные зоны шириной 50 и 30 м с относительно невысокими максимальными содержаниями цинка до 0,4 % и свинца до 0,1 %, характерными для бедных руд разведанного Чагоянского месторождения. Проведённое нами геологическое обследование отвалов этой выработки также показало широкое распространение в обломках ожелезнённых песчаников сети прожилков кварца с признаками присутствия вкрапленных частично

выщелоченных окисленных сульфидов. Проведённое поинтервальное пунктирно-бороздовое опробование на золото отвалов канавы № 59 дало положительные результаты (см. таблицу). Зоны установленных повышенных содержаний золота северо-западного простирания имеют ширину по несколько десятков метров. Они пространственно совмещаются с зонами повышенных аномальных содержаний свинца, цинка и меди в крупнозернистых песчаниках и зонами максимального развития наложенной на них сети прожилков кварца мощностью от долей миллиметров до нескольких сантиметров. Прожилки кварца извилистые, переменной мощности, отчётливо секут слоистость пород. Распространены они неравномерно. Примерно в 50 м к юго-западу от нижнего конца канавы № 59, среди делювиальных обломков доломитов, нами была встречена группа обломков жильного молочного кварца размерами 15–30 см с вкрапленным галенитом, показавших содержание золота 2,7 г/т.

Аномальность по золоту, свинцу, цинку и в меньшей мере меди свойственна не только минерализированным крупно- и среднезернистым песчаникам верхней части терригенной толщи, но и перекрывающим их известнякам и доломитам висячего бока залежей полиметаллических руд, хотя и в несколько меньшей степени. Комплексный геохимический ореол этого рудопроявления в юго-восточном направлении через участок пониженных аномальных содержаний свинца и цинка смыкается с контрастной эндогенной аномалией этих металлов участка Зимний, размещающейся несколько юго-восточнее рудопроявления Стрелка на водоразделе ручьёв Большой и Малый Джуркан.

Эндогенная аномалия свинца и цинка участка Зимний имеет близкие с ореолом рудопроявления Стрелка параметры, а возможно даже превышает его по протяжённости (так как юго-восточный фланг этой аномалии перекрыт толщей рыхлых неоген-раннечетвертичных отложений) и, предположительно, достигает русла руч. Чагоян. На территории этой аномалии и на её юго-восточном продолжении до русла руч. Чагоян мы и наши предшественники наблюдали прожилковое окварцевание пород. Общие ресурсы золота полосы минерализованных пород, вмещающей рудопроявление Стрелка и близкую по размерам и интенсивности комплексную геохимическую аномалию участка Зимний на его юго-восточном продолжении, оцениваются нами на уровне прогнозных ресурсов рудопроявления Джуркан.

Обсуждение результатов исследования. Из сопоставления приведённых данных по Чагоянскому месторождению и сопутствующим проявлениям полиметаллической минерализации на отмеченных аномальных участках в Чагоян-Джурканском рудном поле можно отметить их общие генетические черты и особенности рудолокализации. Во-первых, все проявления руд полиметаллов и золота этого рудного поля размещаются в тесной связи с узлами пересечения ортогональных систем разломов, а именно в наиболее тектонически проработанных и, как следствие, в наиболее проницаемых для магм и флюидов участках участках пород. Во-вторых, все проявления комплексных руд размещаются в зонах контакта контрастных по физико-механическим свойствам толщ пород – более хрупких терригенных (рудовмещающий комплекс) и более вязких карбонатных (экранирующий комплекс) пород. При тектонических сжатиях, на этапах формирования складчатости и надвигов, это приводило к возникновению трещиноватости и тектонических срывов в контактовых зонах этих толщ, а также по контактам плас-тов и прослоев в пачках переслаивания пород различной компетентности. Об этом свидетельствуют их рассланцевание, будинаж и брекчирование, наблюдаемые в керне. В участках таких текстурных преобразований пород возникали каналы повышенной проницаемости для инфильтрации металлоносных глубинных флюидов, благоприятствовавших их метасоматическим изменениям и рудолокализации в них.

Следует особо отметить наблюдаемую тесную (см. рис. 1) пространственную ассоциацию рудных залежей с раннемеловыми дайками диоритовых порфиритов и их скоплениями (особенно на месторождении Чагоян, рудопроявлениях Джуркан и Волчья Яма) и единый тектонический контроль тех и других одними и теми же разломами ортогональной системы и оперяющими их тектоническими нарушениями. Это позволяет предположить взаимную структурную связь их формирования и вместе с тем генетическую связь с процессом дифференциации расплавов основного состава единого глубинного раннемелового магматического очага. Есть веские основания полагать, что магматический очаг обеспечивал длительный приток в верхнюю кору (по одним и тем же проницаемым глубинным каналам) магм, формировавших малые интрузивные тела, и длительное фокусированное поступление магматогенных металлоносных флюидов. Последнее выражалось в частом пространственном совмещении на всех рудопроявлениях разновозрастных сульфидных и завершающих малосульфидных золото-кварцевых парагенезисов, в том числе наложение последних и на дайки.

Основными флюидопроводящими каналами являлись крутозалегающие разломы северо-восточного и субмеридионального простираний и узлы их пересечений с разломами северо-западного простирания.

Для Чагоянского месторождения таковым являлся Бурматовский разлом, контролировавший смещения блоков пород, размещение мощной и ряда мелких даек порфиритов (см. рис. 1) и крупных крутозалегающих кварц-турмалиновых жил северо-восточного простирания. В узле его пересечения с Чагоянским надвигом северо-западного простирания в подновлённых межпластовых срывах пород и брекчиях отлагались более поздние минеральные ассоциации – прожилково-вкрапленная полиметаллическая и золото-кварцевая. Менее нарушенная и, следовательно, менее проницаемая для флюидов карбонатная толща выполняла в основном роль экрана для накопления флюидов и эволюции их состава и в меньшей мере рудовмещающую роль.

Для формирования рудных тел и залежей Джурканского рудопроявления флюидоподводящей являлась зона Западного разлома субмеридионального простирания, а рудовмещающей являлась поперечная ему зона послойных срывов, будинажа и брекчирования пород вдоль Чагоянского надвига. Для рудопроявления Стрелка флюидопроводником так же являлась зона Западного разлома.

Гидротермальная минерализация в рудном поле формировалась многостадийно. Выявленные мощные кварц-турмалиновые жилы обычно имеют северо-восточное простирание. Они нетипичны для сульфидных залежей северо-западного простирания и, предположительно, формировались на раннем этапе гидротермального процесса. Происходило это при раскрытиях крупных полостей при сдвиговых подвижках блоков пород по разломам северо-восточного простирания, сближено во времени с внедрением даек порфиритов (см. рис. 2). Золотоносность этих жил, по данным предшественников (И. Г. Хельвас, 1964), околофоновая или низкая. Вкрапленность сульфидов в них отсутствует или крайне редкая и представлена ранней генерацией сфалерита.

Основная же широко распространённая прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация представлена пиритом, галенитом, поздней генерацией сфалерита, с установленным дисперсным золотом в пирите на уровне около 0,1 г/т (по Р. А. Антипиной, 1970). Более поздняя малосульфидная золото-кварцевая минерализация, представленная прожилками кварца и кальцита с редкими сульфидами, мелким и тонким золотом и единичными кварцевыми жилами, вероятнее всего, формировалась на втором этапе, когда субширотное сжатие северо-восточного направления уменьшилось и сменилось растяжением с неоднократными снижениями давления флюида. Длительно поступавшие по проницаемым каналам глубинные магматогенно-гидротермальные металлоносные флюиды эволюционировали в режиме снижающихся *P-T* параметров. Вследствие этого и в соответствии с [2, 7, 8] в гидротермальной системе неоднократно снижалась устойчивость подвижных комплексов различных металлов, в том числе золота. В такие периоды флюиды пересыщались металлами, кремнезёмом и периодически отлагали различные минеральные парагенезисы.

На участках раскрытия трещин и полостей в гидротермальной системе, в соответствии с [7, 8], могли происходить вскипания и гетерогенизация флюида на жидкую и газовую фазы. В процессе кипения и дегазации флюиды верхних горизонтов экранированной гидротермальной системы обогащались летучими соединениями серы и другими кислотными компонентами. Это способствовало преобразованиям пород – окварцеванию, серицитизации, пиритизации (то есть березитизации) и аргиллизации.

Всё вышеотмеченное благоприятствовало длительному фокусированному привносу глубинных металлоносных флюидов и стадийному отложению вкрапленности пирита, галенита и сфалерита в основных каналах инфильтрации и в прилегающих проницаемых породах. На завершающей стадии второго этапа гидротермального процесса, при очередном значительном снижении *P-T* параметров и пересыщении «остаточных» и смешанных конвектирующих флюидов, формировались более низкотемпературные парагенезисы, в том числе прожилки золотоносного кварца, накладывающиеся на зоны вкрапленных сульфидов. В зальбандах таких прожилков так же присутствуют редкие вкрапления поздних генераций сульфидов. В особо благоприятных условиях более значительного раскрытия полостей и более резких спадов давлений и значительных пересыщений флюида, на верхних горизонтах залежей под карбонатным экраном на завершающих стадиях рудоформирования могли образоваться отдельные жилы и линзы кварца с более крупным золотом на отдельных их участках, а также его единичные самородки, которые иногда обнаруживались при отработке россыпей.

В связи с тем, что экранирующая металлоносные флюиды карбонатная толща в ядерных частях антиклиналей I и II порядка к настоящему времени значительно эродирована, верхние части рудных тел окислены и частично срезаны эрозией. Этот материал был перемещён в карстовые воронки и в ложа водотоков.

Эрозионный срез рудных тел и залежей этого рудного поля мы оцениваем в основном как верхнерудный неглубокий. Помимо приведённого геологического обоснования, это следует также и из небольшого количества добытого золота из отработанных россыпей, сформировавшихся в долинах, дренирующих

рудное поле ручьёв Чагоян, Малый и Большой Джуркан (около 0,75 т). Оставшееся в неэродированных частях рудных тел золото может в значительной мере повысить экономический потенциал разведанных запасов полиметаллических руд Чагоянского месторождения, с учётом его доразведки и разведки совмещённых залежей сульфидных и золото-кварцевых руд на перспективных рудопроявлениях. Это может способствовать их рентабельной отработке карьерами в качестве комплексных золото-полиметаллических руд с попутным извлечением так же присутствующих в рудах серебра и кадмия.

Заключение. Проведённые авторами ревизионное обследование и опробование на золото отвалов ранее пройденных канав, вскрывших залежи полиметаллических руд, и положительные результаты проведённого последующего этапа поисков на этой территории в 2004–2009 гг. (Е. В. Дмитренко и др. 2009) с оценкой запасов золота в рудах Чагоянского полиметаллического месторождения позволяют изменить взгляд на рудный статус и перспективы этого месторождения и рудного поля в целом. По установленному пространственному совмещению полиметаллической и золотой минерализации разных стадий единого гидротермального процесса на Чагоянском полиметаллическом месторождении и в рудном поле её следует отнести к золото-полиметаллической рудной формации. Установление существенной золотоносности полиметаллических руд повышает экономическое значение этого рудного объекта. Суммарные прогнозные ресурсы золота категории P_3 предварительно разведанного на полиметаллы месторождения Чагоян и перспективных, но ещё детально не изученных на полиметаллы и золото участков Джуркан, Стрелка, Зимний довольно оптимистичны. Это позволяет надеяться на реальность увеличения разведанных промышленных запасов золота в этом рудном поле до среднего по параметрам штокверкового месторождения золото-полиметаллических руд. Для этого потребуются доразведка рудных тел Чагоянского месторождения и дополнительное выявление и разведка в рудном поле на перспективных рудопроявлениях ещё нескольких новых промышленных тел с комплексными золото-полиметаллическими рудами.

По формационной принадлежности, составу минерализации, содержаниям в рудах свинца, цинка и золота, стадийности формирования, рудолокализации в связи с раннемеловыми магматическими комплексами и узлами пересечения ортогональных разломов аналогом Чагоянского месторождения является ныне отрабатываемое в Приамурье Березитовое золото-полиметаллическое месторождение. Оно размещается в Ольдойском золотоносном узле Приамурской золотоносной провинции и всесторонне охарактеризовано в работах [1, 4, 5, 9]. Различие между этими месторождениями состоит лишь в типе рудовмещающих породных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авченко О. В., Вах А. С., Чудненко К. В., Худоложкин В. О.* Генезис гранатсодержащих метасоматитов пород Березитового месторождения (Верхнее Приамурье, Россия) // Геология рудных месторождений. – 2014. – № 2. – С. 44–54.
2. *Летников Ф. А., Вилор Н. В.* Золото в гидротермальном процессе. – М. : Недра, 1981. – 205 с.
3. *Мельников А. В., Степанов В. А.* Рудно-россыпные узлы южной части Приамурской золотоносной провинции. – Благовещенск : АмГУ, 2013. – 222 с.
4. *Мельников А. В., Степанов В. А., Вах А. С., Вьюнов Д. Л., Дементиенко А. И., Перестоpонин А. Е.* Месторождения рудного золота Приамурской провинции. – Благовещенск : АмГУ, 2017. – 150 с.
5. *Минерально-сырьевая* база Амурской области на рубеже веков / И. А. Васильев, В. П. Капанин ; отв. ред. И. А. Васильев. – Благовещенск : Комитет природных ресурсов Амурской области, 2000. – 168 с.
6. *Остапенко Н. С., Нерода О. Н.* Новые рудопроявления золота на территории западной части Чагоянского золото-россыпного узла // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: IV Всероссийская науч. конф. – Благовещенск : ИГиП ДВО РАН, 2016. – Т. 1. – С. 91–94.
7. *Остапенко Н. С., Нерода О. Н.* Условия отложения и особенности распределения индивидов самородного золота в жилах мезотермального месторождения Токур (Россия) // Геология рудных месторождений. – 2016. – Т. 58, № 3. – С. 239–250.
8. *Петровская Н. В.* Самородное золото. – М. : Наука, 1973. – 345 с.
9. *Сорокин А. А., Пономарчук В. А., Травин В. А., Рогулина Л. И., Пономарчук А. В.* Корреляция процессов рудообразования на золото-полиметаллическом месторождении Березитовое западной части Селенгино-Станового супертеррейна и региональных тектонических событий // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 5, № 3. – С. 432–448.

REFERENCES

1. *Avchenko O. V., Vakh A. S., Chudnenko K. V., Khudolozhkin V. O.* Genezis granatsoderzhashchikh metasomatitov porod Berezitovogo mestorozhdeniya (Verkhneye Priamur'ye, Rossiya) [Genesis of garnet-bearing metasomatites of the rocks of the Berezitovoye deposit (Upper Amur Region, Russia)]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of Ore Deposits], 2014, No. 2, pp. 44–54. (In Russ.)
2. *Letnikov F. A., Vilor N. V.* Zoloto v gidrotermal'nom protsesse [Gold in the hydrothermal process]. Moscow, Nedra publ., 1981, 205 p. (In Russ.)
3. *Mel'nikov A. V., Stepanov V. A.* Rudno-rossypnyye uzly yuzhnoy chasti Priamurskoy zolotonosnoy provintsii [Ore-placer nodes of the southern part of the Amur gold-bearing province]. Blagoveshchensk, AmGU publ., 2013, 222 p. (In Russ.)
4. *Mel'nikov A. V., Stepanov V. A., Vakh A. S., V'yunov D. L., Dementiyenko A. I., Perestoronin A. Ye.* Mestorozhdeniya rudnogo zolota Priamurskoy provintsii [Deposits of ore gold in the Amur province]. Blagoveshchensk, AmGU publ., 2017, 150 p. (In Russ.)
5. *Mineral'no-syr'yevaya* baza Amurskoy oblasti na rubezhe vekov [Mineral resource base of the Amur region at the turn of the century]. I. A. Vasil'yev, V. P. Kapanin, Blagoveshchensk, Komitet prirodnykh resursov Amurskoy oblasti [Committee of Natural Resources of the Amur Region] publ., 2000, 168 p. (In Russ.)
6. *Ostapenko N. S., Neroda O. N.* Novyye rudoproyavleniya zolota na territorii zapadnoy chasti Chagoyanskogo zoloto-rossypnogo uzla [New gold ore occurrences in the territory of the western part of the Chagoyan gold-placer cluster]. Voprosy geologii i kompleksnogo osvoyeniya prirodnykh resursov Vostochnoy Azii: IV Vserossiyskaya nauch. konf. Blagoveshchensk, IGiP DVO RAN publ., 2016, V. 1, pp. 91–94. (In Russ.)
7. *Ostapenko N. S., Neroda O. N.* Usloviya otlozheniya i osobennosti raspredeleniya individov samorodnogo zolota v zhilakh mezotermal'nogo mestorozhdeniya Tokur (Rossiya) [Conditions of deposition and distribution of native gold individuals in the veins of the mesothermal Tokur deposit (Russia)]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of Ore Deposits], 2016, V. 58, No. 3, pp. 239–250. (In Russ.)
8. *Petrovskaya N. V.* Samorodnoye zoloto [Native gold]. Moscow, Nauka [Science] publ., 1973, 345 p. (In Russ.)
9. *Sorokin A. A., Ponomarchuk V. A., Travin V. A., Rogulina L. I., Ponomarchuk A. V.* Korrelyatsiya protsessov rudoobrazovaniya na zoloto-polimetallicheskom mestorozhdenii Berezitovoye zapadnoy chasti Selengino-Stanovogo superterreyna i regional'nykh tektonicheskikh sobytiy [Correlation of ore formation processes at the Berezitovoye gold-polymetallic deposit of the western part of the Selengino-Stanovoy superterrane and regional tectonic events]. Geologiya i geofizika [Geology and geophysics], 2014, V. 5, No. 3, pp. 432–448. (In Russ.)

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10016

УДК 553.5:549 (470.42)
© Д. А. Петроченков, 2022

Верхнеюрские интерьерно-ювелирные аммониты Ульяновской области: минеральный состав, геммологические характеристики

Изделия из аммонитов пользуются в настоящее время повышенным спросом. Автором впервые детально изучены минеральный состав и геммологические характеристики верхнеюрских интерьерно-ювелирных аммонитов Ульяновкой области. Для аммонитов характерен перламутровый слой с яркой разноцветной иризацией.

Комплекс исследований аммонитов включал определение микротвёрдости, плотности, люминесценции, оптико-петрографический анализ, определение минерального и химического состава, электронно-зондовые и электронно-микроскопические исследования. Аммониты состоят преимущественно из апатита (22–88 мас.%) и кальцита (6–64 мас.%). Присутствуют кварц, гипс, пирит, цеолиты, ильменит, рутил, гётит, циркон и органическое вещество. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания (в мас.%): Sr – 0,237 и Ba – 0,011, Pb – 0,023 и низкие (менее 0,01 мас.%) Ni, Cu, Zn, Rb, U, Th, Y, As. Стенки и перегородки раковины аммонита полностью утратили первоначальный арагонитовый состав и состоят из апатита, кальцита с включениями пирита и органического вещества. Иризация перламутрового слоя связана с пластинчатыми слоями апатита, унаследовавшими структуру пластинчатых слоёв арагонита. Цвет иризации определяется размером и упорядоченностью пластин и не зависит от их минерального состава.

Аммониты Ульяновской области представляют коммерческий интерес в качестве интерьерных образцов. Внутренние фрагменты раковин могут использоваться в ювелирных изделиях. Сбор аммонитов производится в обрывах оврагов, что не требует капитальных вложений и не нарушает экологию среды.

Ключевые слова: аммонит, верхнеюрские отложения, арагонит, апатит, иризация, ювелирные материалы, Ульяновская область.

ПЕТРОЧЕНКОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, и.о. заведующего кафедры, p-d-a@mail.ru

Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), г. Москва

Late Jurassic interior-jewelry quality ammonites from the Ulyanovsk Region: The mineral composition and gemological characteristics

D. A. PETROCHENKOV

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRI-RGGRU), Moscow

Decorative articles made of ammonites are currently in high demand. The mineral composition and gemological characteristics of interior-jewelry ammonites from the Upper Jurassic of the Ulyanovsk Region have first been studied in detail. The ammonites are characterized by a pearl layer showing a bright varycolored iridescence.

A complex of ammonite investigations comprised determinations of their microhardness, density, and luminescence; their optical-petrographic analysis; determinations of the mineral and chemical composition; and the electron-probe and electron-microscopic investigations. The ammonites consist mainly of apatite (22–88 wt. %) and calcite (6–64 wt. %). Quartz, gypsum, pyrite, zeolites, ilmenite, rutile, goethite, zircon, and organic matter are present. Impurity elements recorded in elevated concentrations are (in wt. %) Sr, 0.237; Ba, 0.011; and Pb, 0.023; and those recorded in low concentrations (less than 0.01 wt. %) are Ni, Cu, Zn, Rb, U, Th, Y, and As. The outer walls and septa of an ammonite shell have completely lost their original aragonite composition and consist of apatite and calcite with inclusions of pyrite and organic matter. The pearl layer iridescence is related to lamellar layers of apatite, that inherited the structure of lamellar layers of aragonite. The iridescence color is determined by the size and order of the lamellars and does not depend on their mineral composition.

Ammonites of the Ulyanovsk Region are of commercial interest as interior-decorative specimens. Internal fragments of the shells can be used in jewelry. Ammonites are collected in steep ravine walls, which requires no capital investment and does not violate the environment.

Key words: ammonite, Upper Jurassic deposits, aragonite, apatite, iridescence, jewelry materials, Ulyanovsk Region.

Аммониты, а также изделия из них пользуются в настоящее время повышенным спросом. Аммониты как поделочный и ювелирный материал входят в группу гидрогенных биоминеральных образований [1]. Аммониты характеризуются разнообразием цветовых оттенков, форм и размеров, структурными и текстурными особенностями внутреннего строения, положительными технологическими характеристиками, что позволяет изготавливать широкий спектр сувенирных и ювелирных изделий. На мировой рынок аммониты поступают преимущественно из Мадагаскара [9], Марокко [7], Канады [8], а также России [4]. Аммониты интерьерного и ювелирно-поделочного качества известны в Ульяновской области [3, 4].

В настоящей статье впервые представлены результаты детальных геммологических, минерально-геохимических исследований верхнеюрских аммонитов Ульяновской области в качестве интерьерных образцов и ювелирно-поделочного материала. Целью работ являлось установление минерального, химического состава аммонитов, их структурных и текстурных особенностей, определяющих геммологические и технологические характеристики. Другой целью проведённых исследований являлось изучение процессов фоссилизации (минерализации) раковин аммонитов в ходе диагенеза морских отложений.

Аммониты из верхнеюрских отложений собираются в окрестностях д. Марьевка в обнажениях верхних частей оврагов. Аммониты коммерческого качества связаны с верхним подъярусом волжского яруса. Поздневолжские осадки совместно с отложениями берриаса (рязанского горизонта) формировались в мелководном эпиконтинентальном бассейне Русской плиты, образуя конденсированные разрезы, представленные преимущественно кварц-глауконитовыми песками с многочисленными фосфоритовыми горизонтами [5, 6]. К этим фосфоритовым горизонтам приурочены аммониты интерьерного и ювелирного качества.

Слои с аммонитами образованы алевролитами глауконит-кварцевыми, известково-кремнистыми в верхней части слоя толстоплитчатыми светло-серого цвета; песчаниками известково-опоковидными, кварц-глауконитовыми тонко- и толстоплитчатыми серого цвета. Общая мощность 1,3 м (рис. 1). Распределение аммонитов равномерное. В отложениях они образуют концентрированные прослои мощностью 10–20 см (см. рис. 1, Б). В верхней части разреза верхнеюрских отложений на контакте с покровным суглинком на отдельных участках присутствует ожелезнённый слой, насыщенный аммонитами мощностью 10 см. Аммониты представлены родами *Craspedites*, *Kachpurites* и *Garniericeras*. Присутствуют белемниты и двустворки. Порода плотная, и аммониты извлекаются специальным инструментом [5, 6].

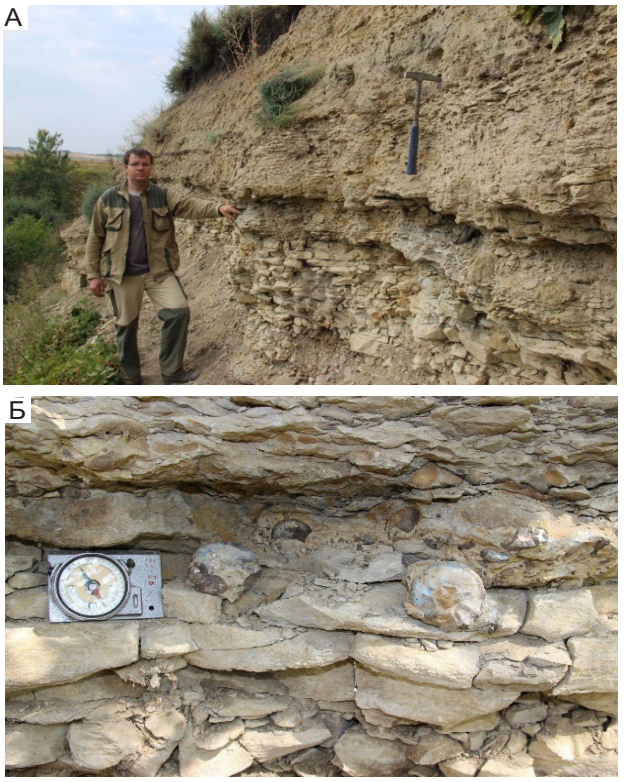


Рис. 1. Выходы отложений верхнего подъяруса волжского яруса (А) и слои с аммонитами коммерческого качества (Б), окрестности д. Марьевка

Аммониты небольшого размера – от 2 до 10 см в диаметре, редко встречаются до 15 см. Внешняя сторона раковин покрыта тонким слоем ископаемого перламутра с иризацией преимущественно зелёного и желтовато-оранжевого цвета (рис. 2, Б). В ядрах аммонитов лопастные линии проявлены неотчётливо. Расстояние между крайними участками сбора аммонитов коммерческого качества около 2 км, что указывает на значительную площадь их распространения.

Методы исследований. Комплекс исследований аммонитов интерьерно-ювелирного качества проведён в лабораториях МГРИ, ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ИГЕМ» РАН. Он включал определение микротвёрдости, плотности, люминесценции, оптико-петрографический анализ, определение минерального и химического состава, электронно-зондовые и электронно-микроскопические исследования.

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре

Рис. 2. Песчаник с препарированными аммонитами Craspedites и белемнитами Acroteuthis (А); внешняя поверхность (Б) и продольный спил (В) аммонита Craspedites из верхнеюрских отложений

последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минераграфический анализы выполнены с использованием микроскопа «Полам Р-112» и «Leica DMRX». Микротвёрдость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и выдержкой 15 сек. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с λ = 254 и 365 нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на дифрактометре «X'Pert PRO MPD». Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии. Электронно-микроскопическое изучение образцов проведено на растровом электронном микроскопе (РЭМ) «Tesla BS-301», оснащённом рентгеновским спектрометром с дисперсией по энергии, позволяющем определить элементный состав от Mg до U, а также на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) «Tesla BS-540». Диагностика минеральных фаз проводилась по микродифракционным картинам (МДК).

Обсуждение результатов. По данным РКФА, верхнеюрские аммониты состоят из (в мас.%): кальцита – 6−64, апатита – 22−88, кварца – 1–5, гипса – 0,5–4, пирита – 0,5–4; фиксируются цеолит, гётит, плагиоклаз, рентгеноаморфная фаза (РАФ) – менее 1. Различия в содержаниях отдельных минералов во многом определяются соотношением камер, выполненных кальцитом и фосфоритом. Стенки и перегородки раковин состоят из (в мас.%): кальцита – 58 и апатита – 42. Арагонит, образующий исходную раковину аммонита, не фиксируется, что указывает на его полное замещение кальцитом и апатитом. Часть камер аммонитов выполнена кальцитом – 98 мас.%. В них фиксируются также апатит, доломит, сидерит, гётит, цеолиты и РАФ – менее 1 мас.%. По минеральному составу аммониты выделены в кальцит-апатитовый тип [4].

Из элементов-примесей в аммонитах фиксируются повышенные содержания (в мас.%): Sr – до 0,237, Ba – до 0,011, а также Pb – до 0,023, Ni – до 0,003, Cu – до 0,002, Zn – до 0,003, Rb – до 0,002, U – до 0,002, Th – до 0,006, Y – до 0,0093 и As – до 0,004.

Кальцит, выполняющий неразрушенные камеры аммонитов, бесцветный прозрачный или полупрозрачный, а также непрозрачный белого цвета и просвечивающий серого цвета. Обычно все три разновидности встречаются в одной раковине и даже в одной камере. Кальцит плотный, разламывается с трудом, излом раковистый. Плотность кальцита от 2,43 до 2,61 г/см^3, микротвёрдость 180–257 кг/мм^2. Люминесценция зональная, проявляется слабо-зеленоватым цветом. Кальцит с небольшим количеством пор хорошо полируется до стеклянного блеска с ровной поверхностью.

Стенки и перегородки камер кальцит-апатитового состава по толщине не превышают 0,8 мм, светло-серого и серого цвета, непрозрачные или слабопросвечивающие. Блеск стеклянный, матовый. Плотность 2,61–2,70 г/см^3. Микротвёрдость стенок камер в среднем 152 кг/мм^2. Люминесценция слабая, зональная зеленоватым цветом.

Основная часть раковин, включающая жилые и разрушенные газовые камеры, выполнена фосфоритом. Фосфорит серого цвета, различных оттенков, редко чёрный в виде небольших локальных участков, разламывается с трудом, излом раковистый. Плотность – 2,32–2,40 г/см^3. Микротвёрдость 167–228 кг/мм^2. Люминесценция слабая, зональная зеленоватым цветом. Фосфорит пористый, плохо полируется.

Пирит в аммонитах встречается в виде редкой мелкой вкрапленности. Редко встречаются хорошо видимые выделения пирита в фосфорите. В них пирит образует тонкие (0,1–1 мм) прожилки вдоль стенок и перегородок раковины, а также мономинеральные выделения до 1 см^2. Микротвёрдость пирита в среднем 1310 кг/мм^2.

Декоративность верхнеюрских аммонитов Ульяновской области невысокая, что ограничивает использование их в качестве ювелирно-поделочного материала. В ряде случаев изготавливают кабошоны в виде триплета с прокладкой из фольги, которая повышает их декоративность.

В прозрачных шлифах отчётливо проявлены стенки, перегородки, камеры, выполненные кальцитом и фосфоритом (рис. 3, А–В). Стенки аммонита толщиной 0,15–0,3 мм, перегородки – 0,03–0,06 мм, выполнены апатитом, занимающим краевые части, и смесью кальцита и апатита, выполняющих центральные части. Отдельные фрагменты стенок и перегородок выполнены преимущественно апатитом. Многие центральные фрагменты стенок и перегородок выполнены кальцитом, размер кристаллов которых соответствует их толщине. Соседние кристаллы имеют как близкую, так и различную ориентировку.

Неразрушенные камеры аммонита выполнены кальцитом. Кристаллы преимущественно изометричной и слабовытянутой формы, плотно сросшиеся, разноориентированные, размером от 0,1 до 1,5 мм. Структура гранобластовая (см. рис. 3, А, Б). Последовательного образования слоёв с различной структурой, характерной для многих объектов, не наблюдается. Количество пор и включений невелико. Их размер менее 0,01 мм. Наблюдаются фрагменты кальцита, содержащие большое количество мелких пор и включений, обуславливающие их непрозрачность. Для крупных кристаллов характерно волнистое угасание.

Разрушенные камеры выполнены фосфоритом, состоящим из большого числа мелких минерализованных раковин фоссилий, а также включений кварца, алюмосиликатов (см. рис. 3, В). Раковины фоссилий преимущественно вытянутой призматической формы, размером до 1 мм по длине и до 0,06 мм по ширине. Присутствуют раковины овальной и округлой формы диаметром до 0,1 мм. Минерализованы

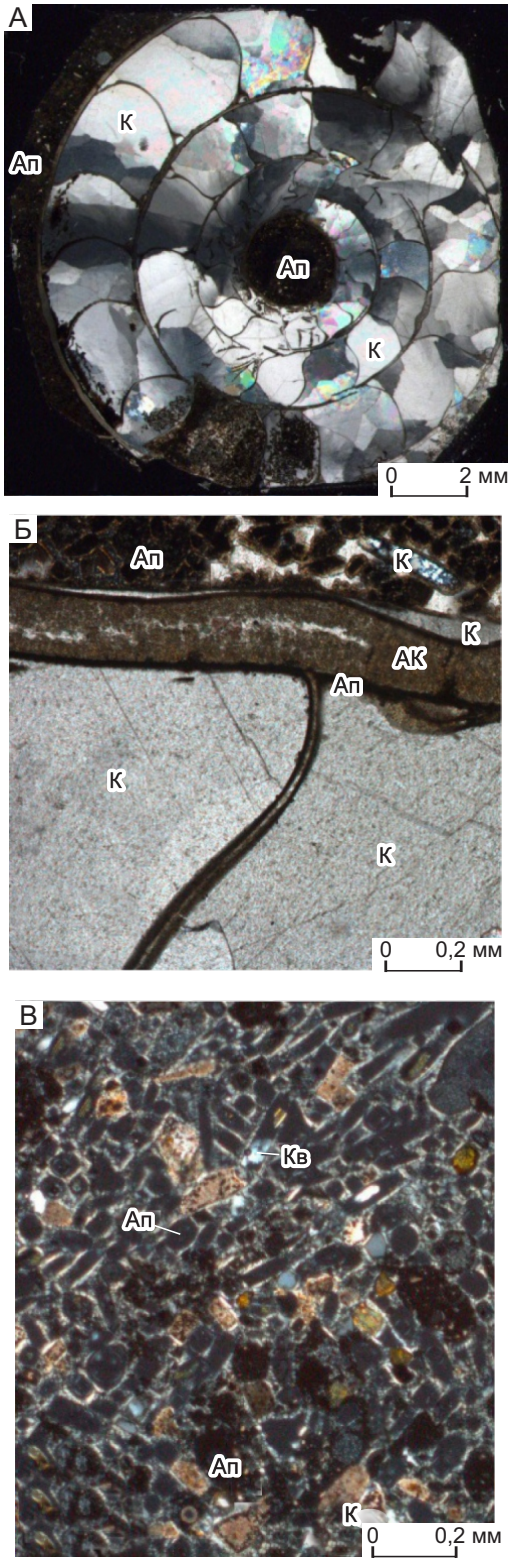


Рис. 3. Прозрачные шлифы аммонитов. Николи X:

А – общий вид продольного спила; Б – стенка, перегородки и камеры, выполненные кальцитом и фосфоритом; В – камера, выполненная фосфоритом; Ап – апатит, К – кальцит, АК – смесь апатита и кальцита, Кв – кварц

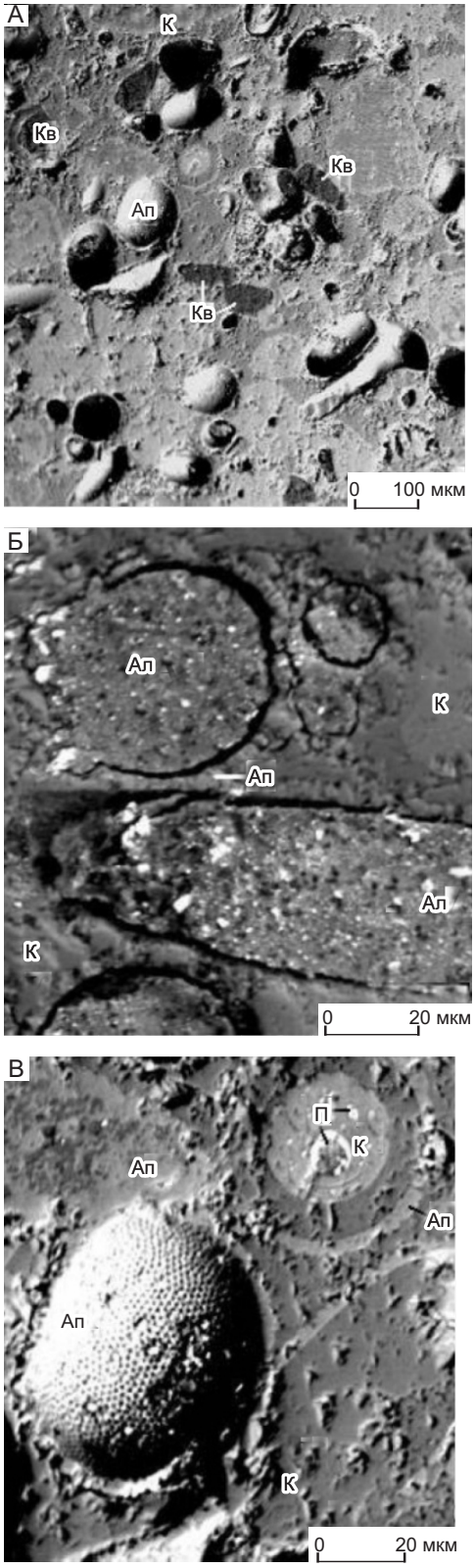


Рис. 4. Структура: фосфорита (А), фосфоритовых образований с включениями алюмосиликатов (Б) и кальцита (В). ОРЭ:

Ап – апатит, К – кальцит, Ал – алюмосиликаты, Кв – кварц, П – пирит

раковины преимущественно апатитом, часть из них – кальцитом, который занимает внутреннее пространство. Цемент фосфорита образован тонкокристаллическим апатитом и кальцитом. Кальцит образует небольшие фрагменты в фосфорите с размером кристаллов до 0,2 мм. Кристаллы изометричной формы, разноориентированы. Такие фрагменты более светлого цвета.

Включения кварца как овальной формы, так и угловатой. Размер их от 0,05 до 0,3 мм. Большинство алюмосиликатов имеет микронную размерность и в шлифе не диагностируется. Включения пирита микронного размера, иногда до 0,06 мм, фиксируются в стенках и перегородках раковины, вдоль их контактов в фосфорите. Фосфорит содержит большое количество пор.

Электронно-зондовые исследования. В ОРЭ отчётливо проявлена структура фосфорита, выполняющего камеры аммонита (рис. 4, А). Выделяются округлые образования, различные по составу и структуре (см. рис. 4, Б, В). Одна группа состоит из апатитовой тонкой (около 6 мкм) оболочки с внутренним выполнением преимущественно алюмосиликатами (см. рис. 4, Б). Другая группа округлых образований размером до 100 мкм преимущественно апатит-кальцитового состава с ячеистой структурой (см. рис. 4, В). Пирит присутствует в виде мелких (около 4 мкм), изометричных кристаллов. Кальцит является цементом. Размер ячеек в апатитовых образованиях 1–1,5 мкм. При ещё больших увеличениях (рис. 5, А) видно, что ячейки являются глобулами апатита в кальците.

В фосфорите, выполняющем камеры, присутствует органическое вещество в виде округлых обособлений до 20 мкм. Оно также выполняет более крупные участки сложной формы (см. рис. 5, Б). В фосфорите присутствуют включения ильменита изометричной формы размером до 25 мкм, подтверждаемые высокими содержаниями Ti, Fe и O (см. рис. 5, Б).

Кварц фиксируется в виде угловатых и округлых обломков от 50 до 150 мкм (см. рис. 4, А). В одном зерне кварца зафиксировано включение рутила квадратной формы размером 5 мкм (см. рис. 5, В). По данным РСМА, в нём фиксируются высокие содержания (в мас.%): Ti – 56,90, O – 42,00 и Fe – 0,40. В других участках фосфорита фиксируются включения алюмосиликатов размером до 150 мкм и частицы циркона размером около 7 мкм (см. рис. 5, Г). Циркон, по данным РСМА, содержит (в мас.%): Si – 14,90, Zr – 48,50, Hf – 1,50 и O – 34,40. Гипс присутствует в виде включений изометричной формы, размером до 150 мкм (рис. 6, А). В нём фиксируются содержания (в мас.%): S – 21,54, Ca – 27,97 и O – 43,40. Гипс замещается апатитом. Установлено включение гётита округлой формы размером 35 мкм

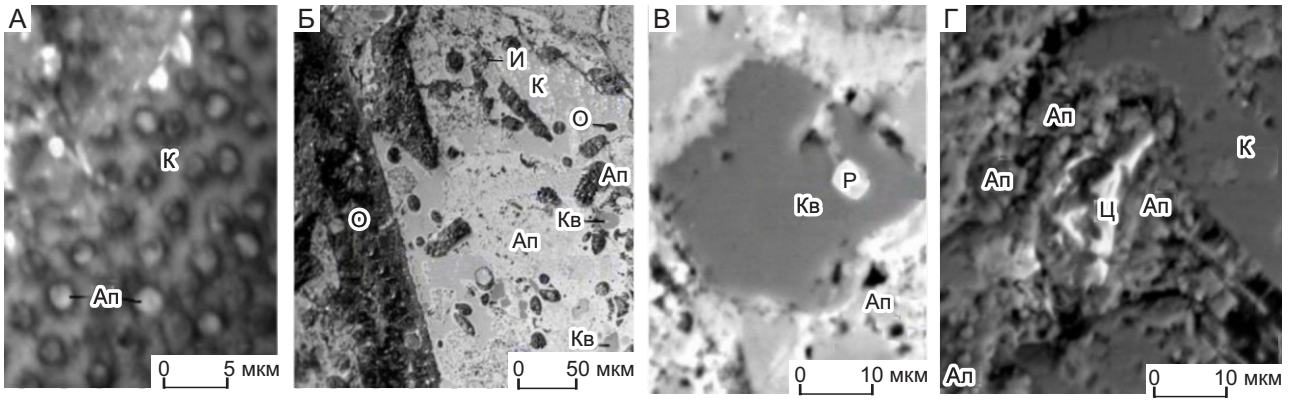


Рис. 5. Глобулярное строение образований (А); фосфорит с включениями: кварца (Кв), органического вещества (О), ильменита (И) (Б), кварца (Кв) и рутила (Р) (В), алюмосиликатов (Ал) и циркона (Ц) (Г). ОРЭ:

К – кальцит, Ап – апатит

(см. рис. 6, Б). Помимо высоких содержаний Fe и O в гётите фиксируется S, указывающая на присутствие пирита, за счёт которого он образовался.

Кальцит, выполняющий неразрушенные камеры аммонита в ОРЭ, монотонного серого цвета, указывающего на однородность его химического состава. В кальците фиксируется фрагментами большое количество мелких (1–10 мкм) пор, часто образующих цепочки по контактам кристаллов. Характерны включения апатита и пирита, расположенные вдоль контактов с перегородками и стенками аммонита (см. рис. 6, Б, В).

Стенка аммонита имеет различный минеральный состав. Выделяются фрагменты, состоящие преимущественно из кальцита. Апатит занимает узкие прерывистые краевые зоны. В них фиксируются иногда микронные включения органического вещества (см. рис. 6, В). Наиболее часто встречаются стенки аммонита, выполненные апатитом, занимающим внешние зоны, и кальцитом, выполняющим центральные зоны. На отдельных участках стенок апатит замещает кальцит. В результате образуется микронная смесь апатита и кальцита с большим количеством мелких пор и включений пирита (см. рис. 6, Б). Реже

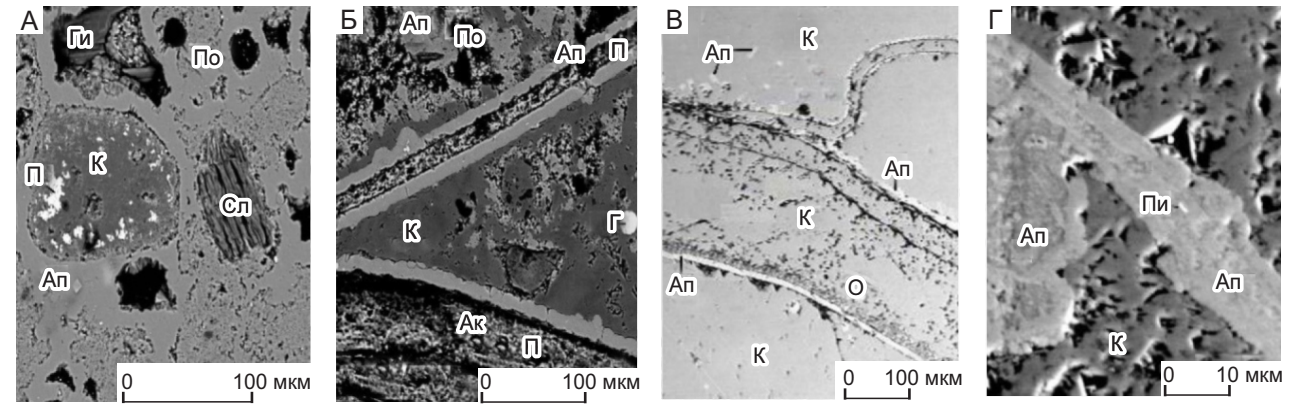


Рис. 6. Фосфорит с включениями слюды (Сл), гипса (Ги) (А); стенки и перегородки (П) аммонита в фосфорите и кальците (К), выполненные апатитом (Ап), кальцитом (К) и смесью апатита и кальцита (АК) с включениями гётита (Г) (Б); преимущественно кальцитом (К) с включениями органического вещества (О) и пирита (Пи) (В, Г). ОРЭ:

По – поры

1. Химический состав кальцита в аммонитах, по данным РСМА

Содержание элемента, мас.%					
Mg	Mn	Fe	Sr	Ca	O
0,00–0,31 0,15	0,00–0,36 0,15	0,00–1,86 1,11	0,00–0,13 0,03	36,16–38,91 37,48	14,89–17,46 15,52

Примечание. Дробь: числитель – минимальные и максимальные значения, знаменатель – средние по 25 спектрам.

встречаются стенки и перегородки, выполненные преимущественно апатитом (см. рис. 6, Г).

Из элементов-примесей в кальците, выполняющем аммониты, фиксируются Mg, Mn и Fe, а в отдельных спектрах Sr (табл. 1). Кальцит, выполняющий перегородки, стенки, неразрушенные камеры и фосфорит, по содержанию элементов не разделяется.

В апатите из элементов-примесей фиксируются Na, Mg, Fe, F, Sr (табл. 2). Для элементов характерны значительные колебания содержаний в спектрах. Это обусловлено попаданием в спектр микровключений других минералов, что связано с тонкокристаллическим размером выделений апатита. По химическому составу апатит относится к гидроксиапатиту. Значимых отличий в химическом составе апатита различных частей аммонита в пределах участка не наблюдается.

Химический состав органического вещества, присутствующего в фосфорите и стенках раковины, сложный. В нём фиксируются высокие содержания C и O и низкие Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Mn, Fe, Sr, что указывает на присутствие минеральных микровключений.

Сложный химический состав фиксируется и в алюмосиликатах, подтверждая их полиминеральность, установленную РКФА. Химический состав алюмосиликатов в аммонитах различных участков близок и характеризуется высокими содержаниями Fe, в среднем 11,5 мас.%. В отдельных спектрах фиксируются содержания (в мас.%): Sr – до 1,62, Y – до 2,2, Cl – до 0,15. Алюмосиликаты имеют микронную размерность, замещаются апатитом. В пирите элементы-примеси не фиксируются. Для него характерны микронные выделения глобулярной формы, которые при росте приобретают кубический габитус. Пирит является более поздним минералом, образующимся в процессе замещения арагонита, алюмосиликатов, и располагается преимущественно в порах. Пирит замещается гётитом.

Электронно-микроскопические исследования позволили детализировать структуру основных элементов верхнеюрских аммонитов. Изученный методом РЭМ фрагмент включал стенку аммонита шириной около 490 мкм, состоящую из внешнего и внутреннего оборотов (рис. 7). Вдоль внешнего оборота развит фосфоритизированный прослой шириной 10–15 мкм, состоящий из слабовытянутых и округлых кристаллов апатита размером 2–3 мкм (см. рис. 7, А). В фосфоритизированном слое, помимо апатита, присутствуют мелкие кристаллики кальцита и пирита.

Основная часть стенки раковины как внешнего, так и внутреннего оборотов образована пластинчатыми кристаллами кальцита с ровной поверхностью и хорошо проявленной спайностью. Размер отдельных кристаллов около 30–50 мкм (см. рис. 7, Б). В поперечной проекции скола внутреннего оборота наблюдается более сложная тонкопластинчатая структура кальцита (см. рис. 7, В). Толщина отдельных пластин около 1 мкм, ориентировка их параллельная стенке раковины. В слое отчётливо фиксируются локальные участки мелких пластин, формирующих жгутовидные образования, ориентированные вкрест простирания слоя. Ширина пластин около 5 мкм

2. Химический состав апатита в аммонитах, по данным РСМА

Содержание элемента, мас.%						
Na	Mg	Fe	F	Ca	P	O
0,00–1,91 0,50	0,00–0,34 0,15	0,00–1,40 0,34	0,00–2,11 0,26	31,75–37,97 36,19	12,04–17,06 14,31	31,23–38,04 34,20

Примечание. Дробь: числитель – минимальные и максимальные значения, знаменатель – средние по 74 спектрам.

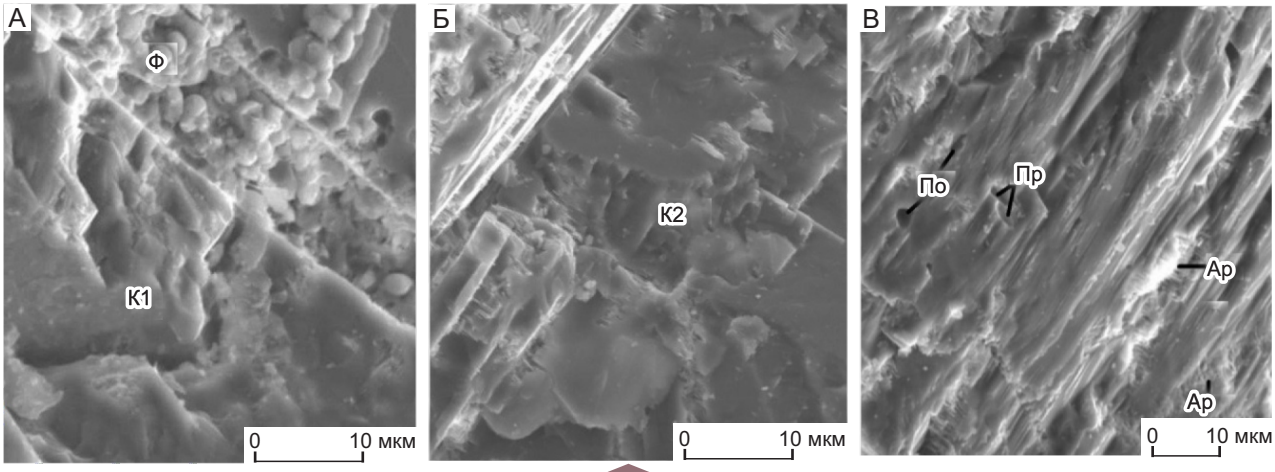


Рис. 7. Структура внешнего оборота стенки аммонита с фосфоритизированным (Ф) и кальцитовым (К1) слоями (А); внутренний кальцитовый оборот стенки аммонита с мелкокристаллическими призматическими кристаллами (К2) (Б) и унаследованной структурой арагонитовых пластинчатых (Ар) и призматических (Пр) слоёв (В). РЭМ:

По – поры

при толщине 0,5 мкм. Очевидно, что в этих локальных участках сохраняется исходная структура арагонитовых пластинчатых слоёв. Выделяются участки с трубовидной формой кристаллов, диаметром 3–4 мкм. В торцах кристаллов присутствуют поры размером 2–3 мкм (см. рис. 7, В). В этих участках сохраняется исходная структура арагонитовых призматических слоёв.

Фосфоритовый слой стенки аммонита, по данным ПЭМ, образован апатитом, отличающимся по морфологии и степени раскристаллизации. К первой разновидности отнесена поверхность, сложенная мелкоколломорфными образованиями с различной степенью раскристаллизации. В них фиксируются короткостолбчатые таблитчатые кристаллы и сростки апатита, а также мелкие блоки, сложенные таблитчатыми выделениями (см. рис. 8, А). Размеры кристаллов апатита – 0,2–1 мкм, блоков – 2–4 мкм. На начальной стадии раскристаллизации колломорфного фосфатного вещества формируются округлые и слабоудлинённые обособления размером 0,2 × 0,5 мкм, напоминающие форму кристаллов (см. рис. 8, Б).

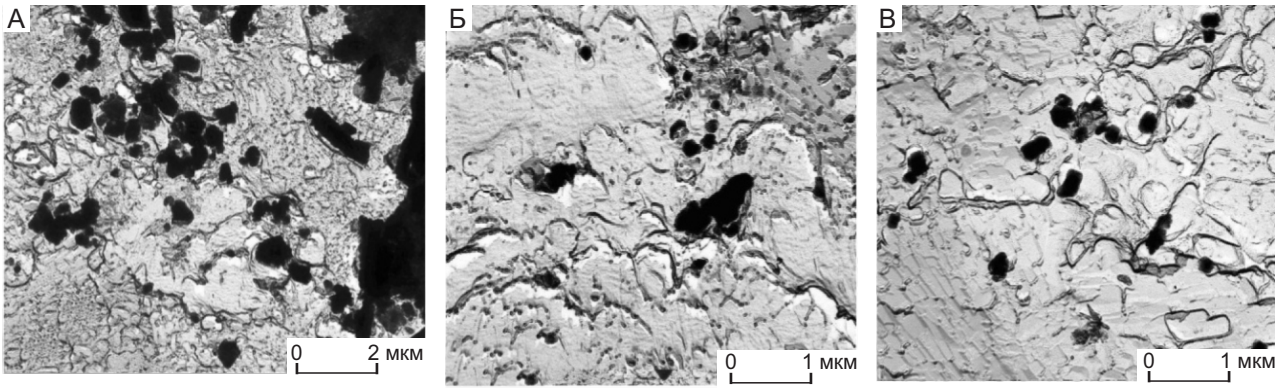


Рис. 8. Раскристаллизация фосфата кальция в агрегат мельчайших призматических и таблитчатых кристаллов апатита (А); начальная стадия раскристаллизации колломорфного фосфатного вещества с формированием округлых слабоудлинённых образований (Б); участок раскристаллизации фосфата кальция с образованием таблитчатых и призматических кристаллов апатита (В). ПЭМ

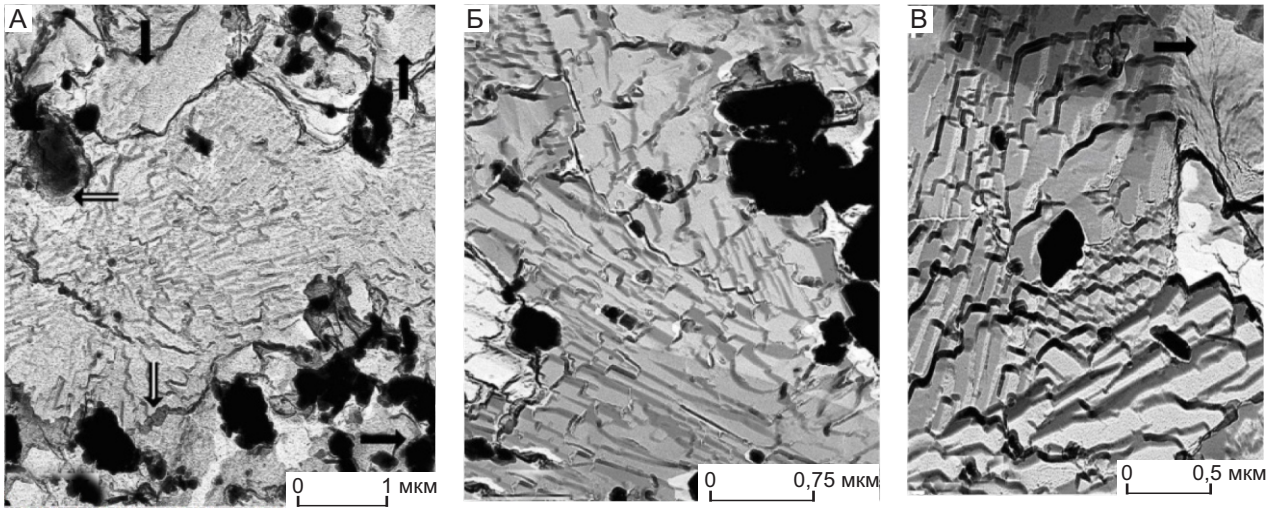


Рис. 9. Радиально-лучистые агрегаты апатита (показаны двойными стрелками) (А); блоки таблитчатых и призматических кристаллов апатита на участке раскристаллизации фосфата кальция (Б); сростки хорошосформированных призматических кристаллов апатита с фрагментом колломорфного фосфата кальция (показан стрелкой) (В). ПЭМ

В дальнейшем формируются отчётливые таблитчатые и призматические формы кристаллов апатита (см. рис. 8, В), иногда образующие радиально-лучистые агрегаты (см. рис. 9, А).

Среди слабораскристаллизованных мелкоколломорфных образований часто встречаются участки с хорошей раскристаллизацией фосфата кальция (см. рис. 9, Б). Такие участки сложены закономерным срастанием таблитчатых и призматических кристаллов, размеры которых варьируются в пределах 0,3–2 мкм. Как правило, рассматриваемые участки раскристаллизации разбиты на микроблоки с различной ориентировкой кристаллов апатита, отражающие исходную пластинчатую структуру арагонита раковины (см. рис. 9, В). В хорошо раскристаллизованных участках могут сохраняться реликты колломорфного фосфатного вещества.

Ко второй морфологической разновидности отнесены фрагменты, сложенные агрегатом мелкокристаллического апатита, образующие ячеистую структуру (см. рис. 10, А). Ячейки изометричной формы с неровными краями размером 0,8–2,5 мкм. Одни ячейки слабо раскристаллизованы, другие образованы призматическими кристаллами апатита размером до 0,2 мкм. Вероятно, подобная структура отражает строение исходной раковины аммонита.

Третья разновидность представлена относительно крупными (2–3 мкм) колломорфными образованиями с нечётко выраженными контурами и различной степенью раскристаллизации (см. рис. 10, Б, В). В одних участках в результате раскристаллизации формируются округлые обособления, в других – микронный апатит (см. рис. 10, Б). О хорошей раскристаллизации вещества свидетельствуют чёткие точечные МДК, полученные с извлечённых на реплику частиц выделений (см. рис. 10, Г). Завершается процесс раскристаллизации образованием слоёв таблитчатых кристаллов апатита (см. рис. 10, В). Отдельные кристаллы имеют ширину 0,4–0,8 мкм и толщину менее 0,1 мкм. Кристаллы плотно сросшиеся, имеют единую ориентировку, отражающую исходную структуру стенки аммонита.

Установленные факты свидетельствуют о преобразовании исходного арагонитового состава раковины с привносом фосфора. На первом этапе образуется колломорфный фосфат кальция, раскристаллизовывающийся в микронный апатит, а затем кристаллы приобретают таблитчатую и призматическую форму. Процесс может носить и регрессионную направленность и приводить к раскристаллизации таблитчатых кристаллов апатита в мелкокристаллический агрегат. Выделенные различные морфологические разновидности структур связаны с особенностью строения исходной раковины аммонита и степенью раскристаллизации колломорфного фосфата кальция. С фрагментарно сохранившейся исходной структурой арагонитовых пластинчатых слоёв связана иризация стенок аммонита.

Выводы. В результате проведённых комплексных исследований верхнеюрских аммонитов Ульяновской области интерьерно-поделочного качества установлено, что они состоят преимущественно из кальцита

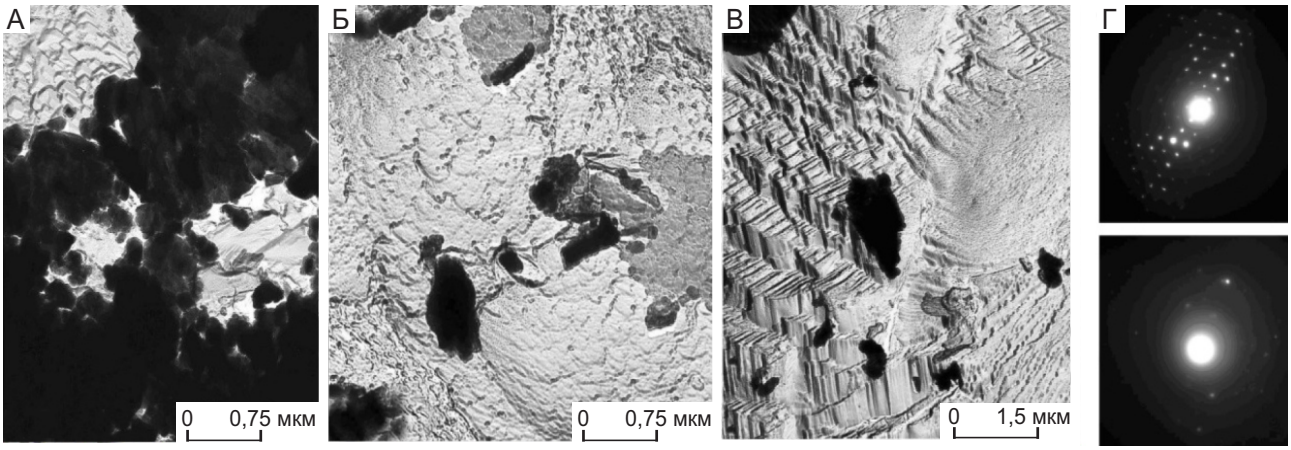


Рис. 10. Ячеистая структура мелкокристаллического апатита (А); раскристаллизация колломорфных образований фосфата кальция с формированием округлых выделений апатита (Б) и слоёв таблитчатых кристаллов апатита (В); МДК – апатита (Г). ПЭМ

и апатита. Кальцит выполняет перегородки и стенки аммонита, неповреждённые камеры, является цементом в фосфорите. Апатит слагает фосфатизированные камеры и вместе с кальцитом перегородки и стенки аммонита. В аммонитах установлены минеральные включения: кварц, плагиоклаз, гипс, пирит, цеолиты, гётит, органическое вещество, ильменит, рутил, циркон, связанный с фосфоритом. По минеральному составу аммониты выделены в кальцит-апатитовый тип. Из элементов-примесей в аммонитах фиксируются повышенные содержания Sr, Ba и Pb, а в кальците Fe.

Фоссилизация раковин аммонита проходила в результате последовательного выполнения жилых и разрушенных газовых камер фосфоритом, включающим минералы морского осадка и мелкие минерализованные раковины фоссилий. Неразрушенные газовые камеры выполнялись кальцитом. Существенного метасоматического замещения минералов в процессе минерализации не происходило.

Замещение исходного арагонита раковин апатитом происходило поэтапно. Первоначально образовался колломорфный фосфат кальция. На следующем этапе происходит его раскристаллизация в микронный апатит, а затем кристаллы приобретают таблитчатую и призматическую форму. Иризация перламутрового слоя аммонитов связана с микронными кристаллами апатита, сохранившими исходную структуру пластинчатых арагонитовых слоёв.

Установленный минеральный, химический состав аммонитов, включая элементы-примеси и микровключения, текстурные и структурные особенности, позволяет идентифицировать объект, оптимизировать технологию обработки, разработать методы облагораживания.

Декоративность верхнеюрских аммонитов невысокая, что ограничивает использование их в качестве ювелирно-поделочного материала. Плотный песчаник, насыщенный раковинами моллюсков может использоваться как как облицовочный материал. Аммониты собирают в обнажениях оврагов, что не требует капитальных вложений и не нарушает экологию среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буканов В. В.* Цветные камни и коллекционные минералы. Энциклопедия. – Прага : Гранит, 2008. – 419 с.
2. *Петроченков Д. А.* Структурные особенности и минеральный состав раковин готеривских аммонитов Ульяновской области // Известия вузов. Геология и разведка. – 2006. – № 5. – С. 26–30.
3. *Петроченков Д. А., Барабошкин Е. Ю.* Коллекционные, интерьерные и ювелирные аммониты из отложений нижнего апта Ульяновской области // Отечественная геология. – 2019. – № 1. – С. 79–88
4. *Петроченков Д. А., Быховский Л. З.* Ювелирно-поделочные аммониты: проблемы оценки и перспективы добычи // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2018. – № 4. – С. 15–22.
5. *Рогов М. А.* Стратиграфия нижневолжских отложений Русской плиты // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2002. – Т. 10, № 4. – С. 35–51.
6. *Рогов М. А., Барабошкин Е. Ю., Гужиков А. Ю. [и др.]* Границы юры и мела в Среднем Поволжье // Международная научная конференция по проблеме границы

юрской и меловой системы: путеводитель экскурсии. – Самара : ФГОБУ Сам ГТУ, 2015. – 130 с.
7. *Bockwinkel J., Becker R. T., Ebbighausen V.* Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, Southern Morocco) // Fossil Record. – 2013. – Vol. 01.16 (1) 2013. – P. 5–65.
8. *Mychluk K.* Update on ammonite production from Southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. – 2009. – Vol. 45, № 3. – P. 192–196.
9. *Walaszczyk I., Kennedy W. J., Dembicz K., Gale A. S., Praszlier T., Rasoamiaramanana* A. *H., Randrianaly H.* Ammonite and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar // Journal of African Earth Sciences. – 2014. – Vol. 89. – P. 79–132.

REFERENCES

1. *Bukanov V. V.* Tsvetnyye kamni i kollektsionnyye mineraly. Entsiklopediya [Colored stones and collection minerals. Encyclopedia]. Praga, Granit publ., 2008, 419 p. (In Russ.)
2. *Petrochenkov D. A.* Strukturnyye osobennosti i mineral'nyy sostav rakovin goterivskikh ammonitov Ul'yanovskoy oblasti [Structural features and mineral composi-tion of the shells of the Hauterivian ammonites of the Ulyanovsk region]. Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka, 2006, No. 5, P. 26–30. (In Russ.)
3. *Petrochenkov D. A., Baraboshkin Ye. Yu.* Kollektsionnyye, inter'yernyye i yuvelirnyye ammonity iz otlozheniy nizhnego apta Ul'yanovskoy oblasti [Collection, interior and jewelry ammonites from the Lower Aptian deposits of the Ulyanovsk region]. Otechestvennaya geologiya [Domestic geology], 2019, No. 1, P. 79–88. (In Russ.)
4. *Petrochenkov D. A., Bykhovskiy L. Z.* Yuvelirno-podelochnyye ammonity: problemy otsenki i perspektivy dobychi [Jewelry and ornamental ammonites: problems of assessment and prospects for production]. Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye [Mineral Resources of Russia. Economics and Management]. 2018, No. 4, P. 15–22. (In Russ.)
5. *Rogov M. A.* Stratigrafiya nizhnevolzhskikh otlozheniy Russkoy plity [Stratigraphy of the Lower Volgian deposits of the Russian Plate]. Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya, 2002, V. 10, No. 4, P. 35–51. (In Russ.)
6. *Rogov M. A., Baraboshkin Ye. Yu., Guzhikov A. Yu. [et al.]* Granitsy yury i mela v Srednem Povolzh'ye [Jurassic and Cretaceous boundaries in the Middle Volga region]. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya po probleme granitsy yurskoy i melovoy sistemy: putevoditel' ekskursii, Samara, FGOBU Sam GTU publ., 2015, 130 p. (In Russ.)
7. *Bockwinkel J., Becker R. T., Ebbighausen V.* Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, Southern Morocco). Fossil Record, 2013, Vol. 01.16 (1) 2013, P. 5–65.
8. *Mychluk K.* Update on ammonite production from Southern Alberta, Canada. Gems & Gemology, 2009, Vol. 45, No. 3, P. 192–196.
9. *Walaszczyk I., Kennedy W. J., Dembicz K., Gale A. S., Praszlier T., Rasoamiaramanana* A. *H., Randrianaly H.* Ammonite and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar. Journal of African Earth Sciences, 2014, Vol. 89, P. 79–132.

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10017

УДК 553.81 : 550.8.05 [549.08 : 54]
© Э. А. Власова, А. М. Хмельков, 2022

Исследование парагенетических особенностей состава клинопироксенов из кимберлитов (на примере трубки Чукукская, Якутия)

С помощью специализированной программы «MineralogicalAnalyse» изучен химический состав клинопироксенов из кимберлитов трубки Чукукская. Программа специально создана для определения парагенетической специализации кимберлитовых минералов на основе их состава и способна распознавать среди клинопироксенов 31 парагенезис. Детально описаны особенности состава клинопироксенов определяемых парагенезисов и их взаимоотношения. Приведённые данные на сегодня наиболее полно характеризуют парагенетическое разнообразие клинопироксенов из кимберлитов и связанных с ними россыпей. По результатам исследований в кимберлитах тр. Чукукская преобладают клинопироксены слабоалмазоносных парагенезисов, что согласуется со слабой алмазоносностью данного тела. Наиболее распространены разности из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов (41,5 %). Таким образом, использование программы «MineralogicalAnalyse» позволяет судить не только о глубинных источниках клинопироксенов из кимберлитов, но и о степени алмазоносности данных источников.

Ключевые слова: минералы-индикаторы кимберлита, парагенезис, алмазоносносный, клинопироксены, кимберлиты.

ВЛАСОВА ЭЛЬВИРА АЛЕКСАНДРОВНА, геолог I категории, KulaninaEA@alrosa.ru

ХМЕЛЬКОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ветеран АК «АЛРОСА» (ПАО), st_56@mail.ru

Вилюйская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА» (ПАО), Республика Саха (Якутия), пос. Айхал

Investigation of paragenetic peculiarities of the composition of clinopyroxenes from kimberlites (the Chukuk pipe, Yakutia, as an example)

E. A. VLASOVA, A. M. KHMEL'KOV

Vilyuisk Geological Exploration Expedition of AK "ALROSA" (PAO), Republic of Sakha (Yakutia), Aikhal

The MineralogicalAnalyse specialized computer program was applied to study the chemical composition of clinopyroxenes from kimberlites of the Chukuk pipe. The software was especially designed to identify a paragenetic affinity of kimberlite minerals, based on their composition. It is able to recognize 31 parageneses among the clinopyroxenes. The compositional peculiarities of clinopyroxenes of the distinguished parageneses and their relationships were described in detail. The data presented most completely characterize the paragenetic diversity of clinopyroxenes from kimberlites and their related placers. According to the investigation, kimberlites of the Chukuk pipe are dominated by clinopyroxenes of poorly diamond-bearing parageneses, which consistent with the poor diamond-bearing potential of the body. The varieties from poorly diamond-bearing equigranular lerzolites are most common (41,5 %). Thus, the usage of the MineralogicalAnalyse software allows one to judge not only on deep-seated sources of clinopyroxenes from kimberlites, but also to do on the diamond-bearing potential of these sources.

Key words: kimberlite indicator minerals, paragenesis, diamond-bearing, clinopyroxenes, kimberlites.

Введение. Выяснение парагенетической принадлежности минералов-индикаторов кимберлитов (МИК) имеет важное поисковое значение, так как парагенезис глубинных минералов несёт информацию об алмазоносности кимберлитовых пород. В связи с особенностями своего формирования кимберлитовые тела различаются набором глубинных минеральных парагенезисов, при этом состав минералов каждого парагенезиса, как правило, типоморфен. Присутствие в кимберлитах МИК достаточно широкого спектра парагенезисов, различающихся количественными соотношениями и уровнем алмазоносности их источников, позволяет использовать данное обстоятельство при поисках и прогнозировании коренных источников алмаза.

С помощью специализированной программы «MineralogicalAnalyse» изучен химический состав клинопироксенов из кимберлитов трубки Чукукская,

расположенной в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля Якутской алмазоносной провинции (ЯАП). Трубка была выявлена в 1993 г. в результате поискового бурения, размеры её составляют 150 × 160 м. С поверхности тело полностью перекрыто интрузивными долеритами мощностью более 90 м. По данным кернового опробования, кимберлиты трубки отнесены к слабоалмазоносным.

Теоретическая часть. Программа «Mineralogical-Analyse» специально создана для пересчёта рентгеноспектральных (микрозондовых) анализов и определения парагенетической специализации МИК на основе их состава [6]. Основу эталонной базы программы по химическому составу клинопироксенов составили сведения из опубликованных источников [1, 2, 4, 5, 7], дополненные оригинальными анализами авторов. Значительная часть эталонной базы программы представлена составами клинопироксенов из глубинных ксенолитов, обнаруженных в кимберлитах, которые ранее уже были расклассифицированы и «привязаны» к минералам определённых парагенезисов [2, 5]. В результате детального кластерного анализа составов клинопироксенов из различных источников определено более тридцати парагенетических групп, различающихся по химизму и степени алмазоносности их источников. Составы по выделенным парагенетическим группам были внесены в базу программы «MineralogicalAnalyse» в качестве эталонов, на основе которых и устанавливается парагенетическая принадлежность клинопироксенов.

Помимо составов клинопироксенов непосредственно из кимберлитов, в эталонную базу программы «MineralogicalAnalyse» внесены составы разностей из кимберлитоподобных пород (коматиитов), а также пироксенов некимберлитового генезиса (из базальтоидов), широко распространённых в шлиховых ореолах. Без учёта данных составов определение парагенетической специализации клинопироксенов из ореолов рассеяния с использованием их состава будет приводить к существенному искажению результатов.

К клинопироксенам высокоалмазоносных парагенезисов нами отнесены разности, присутствующие в качестве включений в алмазах или сростков с ними, при этом априори предполагалась их связь с процессом глубинного алмазообразования и кристаллизация в области стабильности алмаза. Данные клинопироксены имеют типоморфные для них составы. К алмазоносным парагенезисам отнесены разности исключительно из алмазоносных ксенолитов, также обладающие характерными составами. К разностям потенциально алмазоносных парагенезисов отнесены клинопироксены, встречающиеся преимущественно в алмазоносных ксенолитах и лишь незначительно в неалмазоносных. Разности слабоалмазоносных парагенезисов в основном представлены клинопироксенами из неалмазоносных ксенолитов с единичными находками из алмазоносных ксенолитов с соответствующими составами. К пироксенам неалмазоносных парагенезисов отнесены те разности, которые обнаружены исключительно в неалмазоносных ксенолитах или вообще имеют некимберлитовый генезис с типичными для них составами.

Набор клинопироксенов различных парагенезисов, которые распознаёт программа «Mineralogical-Analyse» на основе их состава, достаточно разнообразный, и по данному показателю клинопироксены уступают лишь гранатам [6]. В общей сложности программа на сегодня способна распознавать по составу клинопироксенов 31 парагенезис, среди которых разности как ультраосновной, так и пироксенит-эклогитовой ассоциации. Ниже приводятся перечень клинопироксенов данных парагенезисов и их аббревиатуры, которые программа «MineralogicalAnalyse» автоматически присваивает каждому составу:

- из включений в алмазах ультраосновного парагенезиса – ВАУ;
- из включений в алмазах и сростков с алмазами – ВСА;
- из включений в алмазах и сростков с алмазами с низкохромистым клинопироксеном – ВСАНХ;
- из включений в алмазах и сростков с алмазами с высокохромистым клинопироксеном – ВСАВХ;
- из включений в алмазах и сростков с алмазами с высокожелезистым клинопироксеном – ВСАВЖ;
- из высокоалмазоносных магнезиально-железистых эклогитов – ВАМЖЭ;
- из алмазоносных метаморфизованных ультрамафитов типа коматиитов Французской Гвианы (пикритовых шошонитов, лампрофиров) – АМУ;
- из потенциально алмазоносных магнезиально-железистых эклогитов – ПАМЖЭ;
- из потенциально алмазоносных дистеновых и гроспидитовых эклогитов – ПАДГЭ;
- из потенциально алмазоносных глинозёмистых эклогитов – ПАГЭ;
- из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов – САРЛ;
- из слабоалмазоносных катаклазированных равномернозернистых лерцолитов, в том числе ильменитовых – САКЛ;
- из слабоалмазоносных равномернозернистых ильменитовых лерцолитов, вебстеритов и пироксенитов – САРЛВП;
- из слабоалмазоносных лерцолитов и вебстеритов – САЛВ;
- из слабоалмазоносных вебстеритов и пироксенитов – САВП;

• из слабоалмазоносных ильменитовых перидотитов и пироксенитов – САПП;

• из слабоалмазоносных биминеральных эклогитов – САБЭ;

• из слабоалмазоносных глинозёмистых эклогитов – САГЭ;

• из неалмазоносных равномернозернистых лерцолитов – НРЛ;

• из неалмазоносных ильменитовых лерцолитов – НИЛ;

• из неалмазоносных ферроалькремитов – НФ;

• из неалмазоносных железистых эклогитоподобных пород – НЖЭП;

• из неалмазоносных глинозёмистых эклогитов – НГЭ;

• из неалмазоносных шпинелевых дунитов – НШД;

• из неалмазоносных шпинелевых вебстеритов, в том числе с плагиоклазом и графитом – НШВ;

• из неалмазоносных пироксенитов – НП;

• из неалмазоносных магнезиально-железистых эклогитов и высококальциевых пироксенитов – НМЖЭП;

• из неалмазоносных апатитсодержащих рутиловых эклогитов – НРЭА;

• из неалмазоносных рутиловых эклогитов, в том числе кварцсодержащих – НРЭ;

• из неалмазоносных гранат-ильменитовых перидотитов и пироксенитов, в том числе флогопитовых – НГИПП;

• пироксены некимберлитового генезиса (из базальтоидов) – НПБ.

В табл. 1 приведены средние составы клинопироксенов по каждому парагенезису из эталонной базы программы «MineralogicalAnalyse», а на рис. 1 представлена кластерная дендограмма, показывающая соотношения средних составов клинопироксенов различных парагенетических групп.

Из рис. 1 видно, что составы клинопироксенов основной массы парагенезисов не образуют многочленных кластерных групп. Лишь немногие клинопироксены по составу объединились в отдельные кластеры из 2–3 парагенезисов на относительно низком уровне связывания. Для клинопироксенов большинства парагенезисов всё же характерны индивидуальные составы, в связи с чем они находятся друг от друга на значительном удалении (евклидовом расстоянии). Наиболее близкими составами обладают клинопироксены из потенциально алмазоносных глинозёмистых эклогитов (ПАГЭ-парагенезис) и неалмазоносных магнезиально-железистых эклогитов и высококальциевых пироксенитов (НМЖЭП-парагенезис), которые располагаются на дендограмме на достаточно низком уровне связывания. Сходство составов клинопироксенов данных парагенезисов видно и из табл. 1, где по большинству оксидов наблюдаются довольно близкие значения для разностей данных парагенезисов. По компонентному составу клинопироксены обоих парагенезисов представлены геденбергит-жадеит-диопсидами. Незначительные отличия касаются лишь того, что пироксены НМЖЭП-парагенезиса более глинозёмистые (в среднем 9,09 мас.% Al_2O_3) и кальциевистые (в среднем 15,33 мас.% CaO) по сравнению с пироксенами из потенциально алмазоносных глинозёмистых эклогитов (8,42 и 14,70 мас.% соответственно) [2]. Кроме этого, разности из неалмазоносных магнезиально-железистых эклогитов и высококальциевых пироксенитов совершенно не содержат калия (см. табл. 1). По другим оксидам отличия между клинопироксенами характеризуемых парагенезисов менее заметные.

Несмотря на значительную близость по составу клинопироксенов НМЖЭП-парагенезиса и разностей из потенциально алмазоносных глинозёмистых эклогитов (ПАГЭ-парагенезис), данный состав был внесён в эталонную базу программы «MineralogicalAnalyse» в качестве самостоятельной парагенетической единицы. Разности НМЖЭП-парагенезиса с характерным для них составом были установлены сотрудниками объединения «Аэрогеология» исключительно в неалмазоносных ксенолитах Mg-Fe-эклогитов из трубок Глубокая и Мгришница Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля ЯАП, а также в ксенолитах неалмазоносных высококальциевых пироксенитов из тр. Мгришница (И. М. Осташкин, 1990 г.).

Среди клинопироксенов других парагенезисов, характеризующихся схожими составами и, как следствие, располагающихся на кластерной дендограмме на низком уровне связывания (см. рис. 1), следует отметить разности ВАУ-, САРЛВП- и САПВ-парагенезисов. Примечательно, что один из этих парагенезисов является высокоалмазоносным (ВАУ-парагенезис), а два других относятся к слабоалмазоносным. Несмотря на то, что составы клинопироксенов данных парагенезисов располагаются на более высоком уровне связывания по сравнению с пироксенами описанных выше парагенезисов, их сходство действительно значительное. Клинопироксены всех трёх парагенезисов по компонентному составу относятся к энстатит-диопсидам (см. табл. 1) и представлены низкожелезистыми (в среднем от 1,99–2,76 мас.% FeO), низкоглинозёмистыми (в среднем 1,46–2,14 мас.% Al_2O_3) и низкотитанистыми (в среднем 0,07–0,11 мас.% TiO_2) разностями с невысоким содержанием натрия (в среднем 1,26–1,83 мас.% Na_2O) и повышенными концентрациями магния (в среднем 16,36–17,3 мас.% MgO) и кальция (в среднем 20,46–21,28 мас.% CaO) [2, 5]. В то же время клинопироксены из включений в алмазах ультраосновного парагенезиса (ВАУ-парагенезис)

1. Средние составы клинопироксенов по парагенетическим группам, мас.%

№№ п/п	Парагенезис	SiO_2	FeO	TiO_2	Na_2O	Al_2O_3	Cr_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	Компонентный состав
1	ВАУ	55,06	1,99	0,11	1,43	1,46	1,80	0,05	17,07	20,46	0,24	энстатит–диопсид
2	ВСА	55,44	2,25	0,12	5,26	4,71	4,74	0,06	12,54	14,20	0,00	юриит–жадеит–диопсид
3	ВСАНХ	55,60	2,06	0,25	3,07	3,63	1,22	0,05	15,03	18,34	0,04	жадеит–диопсид
4	ВСАВХ	55,05	1,95	0,17	8,51	4,75	11,56	0,05	8,29	9,15	0,02	жадеит–юриит–диопсид
5	ВСАВЖ	54,70	6,17	0,44	7,78	4,60	6,43	0,06	8,48	12,10	0,03	акмит–юриит–жадеит–диопсид
6	ВАМЖЭ	52,99	5,02	0,28	1,03	2,24	0,26	0,21	19,51	17,77	0,01	энстатит–диопсид
7	АМУ	52,13	7,78	0,15	0,44	0,98	0,00	4,60	14,59	17,88	0,21	Mn-энстатит–геденбергит–диопсид
8	ПАМЖЭ	52,15	11,33	1,12	2,01	3,24	0,10	0,16	10,40	17,52	0,41	жадеит–геденбергит–диопсид
9	ПАДГЭ	55,88	2,09	0,27	7,72	15,98	0,05	0,02	6,87	10,99	0,07	диопсид–жадеит
10	ПАГЭ	54,93	5,00	0,51	4,79	8,42	0,10	0,06	11,16	14,70	0,12	геденбергит–жадеит–диопсид
11	САРЛ	54,64	2,14	0,13	2,95	2,91	3,30	0,05	14,97	17,99	0,01	юриит–жадеит–диопсид
12	САКЛ	55,35	3,40	0,23	1,59	1,79	1,12	0,10	18,41	17,97	0,03	энстатит–диопсид
13	САРЛВП	54,17	2,13	0,17	1,83	2,14	1,69	0,27	16,36	20,08	0,00	энстатит–диопсид
14	САЛВ	52,56	3,12	0,57	1,85	5,39	0,79	0,12	15,57	19,73	0,02	энстатит–диопсид
15	САВП	54,64	2,76	0,07	1,26	1,63	0,82	0,07	17,30	21,28	0,03	энстатит–диопсид
16	САПП	55,70	5,80	0,33	2,22	2,91	0,19	0,07	17,17	14,94	0,03	жадеит–энстатит–диопсид
17	САБЭ	54,56	2,85	0,54	1,91	3,99	0,22	0,05	15,20	20,62	0,21	жадеит–диопсид
18	САГЭ	46,16	2,70	0,28	2,98	15,61	0,08	0,05	10,87	18,01	0,06	жадеит–Са-чермакит–диопсид
19	НРЛ	48,85	3,49	0,46	1,06	8,43	2,76	0,00	15,80	18,55	0,03	энстатит-Са-чермакит–диопсид
20	НИЛ	56,50	2,82	0,13	3,15	2,80	2,08	0,03	16,05	16,27	0,00	энстатит–жадеит–диопсид
21	НФ	51,78	3,87	0,60	1,45	8,59	0,04	0,00	13,28	19,83	0,00	жадеит–геденбергит–диопсид
22	НЖЭП	52,72	10,23	0,04	0,15	0,66	0,07	0,25	11,88	24,10	0,00	геденбергит–диопсид
23	НГЭ	49,69	6,97	1,40	2,35	8,61	0,07	0,16	11,44	19,24	0,01	геденбергит–диопсид
24	НШД	55,66	1,62	0,00	1,11	0,88	0,52	0,00	16,30	23,66	0,00	жадеит–диопсид
25	НШВ	52,08	2,23	0,13	0,98	4,82	1,04	0,08	15,83	22,70	0,00	Са-чермакит–диопсид
26	НП	55,38	4,09	0,33	1,84	3,18	0,66	0,01	19,38	14,95	0,00	жадеит–энстатит–диопсид
27	НМЖЭП	54,83	4,65	0,45	4,29	9,09	0,15	0,06	11,07	15,33	0,00	геденбергит–жадеит–диопсид
28	НРЭА	53,60	10,01	0,16	3,79	4,10	0,07	0,00	10,26	17,89	0,00	акмит–геденбергит–жадеит–диопсид
29	НРЭ	54,82	9,89	0,17	5,93	7,13	0,02	0,01	7,88	14,09	0,00	акмит–геденбергит–жадеит–диопсид
30	НГИПП	54,12	4,69	0,53	1,94	2,48	0,43	0,02	16,05	19,62	0,00	энстатит–диопсид
31	НПБ	48,49	7,83	0,58	1,04	7,46	0,04	0,14	13,70	20,85	0,12	энстатит–Са-чермакит–диопсид

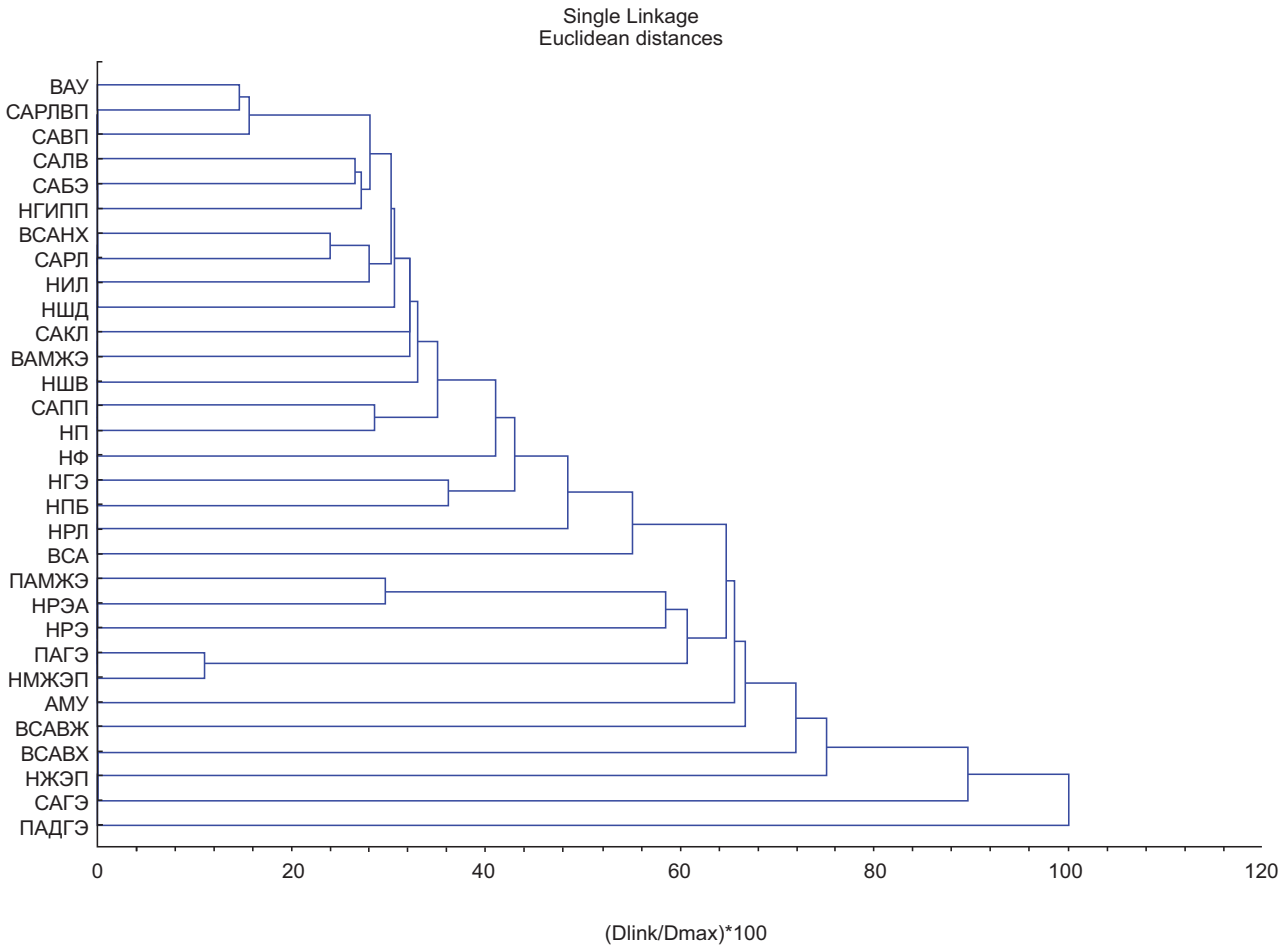


Рис. 1. Результаты кластерного анализа составов клинопироксенов различных парагенетических групп:

см. названия парагенезисов в тексте (стр. 70–73).

содержат более высокие концентрации калия (в среднем 0,24 мас.% K_2O) и кремнезёма (в среднем 55,06 мас.% SiO_2) по сравнению с клинопироксенами слабоалмазоносных парагенезисов (см. табл. 1). Одновременно клинопироксены САРЛВП-парагенезиса в отличие от разностей из слабоалмазоносных вебстеритов и пироксенитов (САВП-парагенезис) обладают более высокими параметрами по титану, натрию, глинозёму, хрому и марганцу при более низких содержаниях магния и кальция (см. табл. 1). Благодаря данным отличительным особенностям программа «MineralogicalAnalyse» достаточно надёжно различает по составу клинопироксены всех трёх парагенезисов.

На относительно низком уровне связывания (см. рис. 1) размещаются составы пироксенов из включений в алмазах и сростков с алмазами с низкохромистым клинопироксеном (ВСАНХ-парагенезис) и из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов (САРЛ-парагенезис). Клинопироксены обоих парагенезисов представлены низкожелезистыми (в среднем 2,06–2,14 мас.% FeO) и низкотитанистыми (в среднем 0,13–0,25 мас.% TiO_2) разностями с относительно повышенным содержанием оксида натрия (в среднем 2,95–3,08 мас.% Na_2O) [2, 5]. Однако клинопироксены из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов содержат значительно более высокие концентрации хрома (в среднем 3,30 мас.% Cr_2O_3) в отличие от менее хромистых разностей высокоалмазоносного ВСАНХ-парагенезиса (в среднем 1,22 мас.% Cr_2O_3). Имеются отличия и по другим оксидам в составах клинопироксенов характеризуемых парагенезисов, в частности по SiO_2, TiO_2 и Al_2O_3 (см. табл. 1), хотя и менее значительные. Как результат, низкохромистые клинопироксены из включений в алмазах и сростков с алмазами по компонентному составу относятся к жадеит-диопсидам, в то время

как разности САРЛ-парагенезиса представлены юриит-жадеит-диопсидами.

Несколько схожий состав с клинопироксенами охарактеризованных выше двух парагенезисов имеют разности из неалмазоносных ильменитовых лерцолитов (НИЛ-парагенезис), которые на кластерной дендограмме располагаются в непосредственной близости от составов клинопироксенов ВСАНХ- и САРЛ-парагенезисов, но на более высоком уровне связывания (см. рис. 1). Клинопироксены НИЛ-парагенезиса также содержат невысокие концентрации железа (в среднем 2,82 мас.% FeO) и титана (в среднем 0,13 мас.% TiO_2) при повышенном содержании натрия (в среднем 3,15 мас.% Na_2O) [2, 5]. Однако в отличие от разностей ВСАНХ- и САРЛ-парагенезисов клинопироксены из неалмазоносных ильменитовых лерцолитов являются более магнезиальными (в среднем 16,05 мас.% MgO) при меньшей кальциевости (в среднем 16,27 мас.% CaO). Кроме этого, клинопироксены НИЛ-парагенезиса отличаются более высокими параметрами по кремнезёму (в среднем 56,50 мас.% SiO_2). По компонентному составу клинопироксены из неалмазоносных ильменитовых лерцолитов относятся к энстатит-жадеит-диопсидам (см. табл. 1).

Схожесть составов просматривается также у разностей из слабоалмазоносных ильменитовых перидотитов и пироксенитов (САПП-парагенезис) с клинопироксенами из неалмазоносных пироксенитов (НП-парагенезис). На кластерной дендограмме составы клинопироксенов обоих парагенезисов находятся в парной связи, хотя и на достаточно высоком уровне (см. рис. 1). В то же время при практически равных количествах кальция и титана у разностей данных парагенезисов (см. табл. 1), клинопироксены из слабоалмазоносных ильменитовых перидотитов и пироксенитов являются более железистыми (в среднем 5,80 мас.% FeO) при более низких концентрациях глинозёма (в среднем 2,91 мас.% Al_2O_3), хрома (в среднем 0,19 мас.% Cr_2O_3) и магния (в среднем 17,17 мас.% MgO) [2, 5] по сравнению с разностями НП-парагенезиса. По компонентному составу клинопироксены двух парагенезисов относятся к жадеит-энстатит-диопсидам (см. табл. 1). Несмотря на относительно повышенные содержания натрия (в среднем 1,84 мас.% Na_2O) и хрома (в среднем 0,66 мас.% Cr_2O_3), а также присутствие жадеитового компонента в составе разностей НП-парагенезиса (см. табл. 1), клинопироксены с соответствующим составом установлены в ксенолитах неалмазоносных пироксенитов из тр. Мгришница Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля ЯАП (И. М. Осташкин, 1990 г.).

На аналогичном уровне связывания располагаются составы клинопироксенов двух эклогитовых парагенезисов (см. рис. 1), а именно разностей из потенциально алмазоносных магнезиально-железистых эклогитов (ПАМЖЭ-парагенезис) и неалмазоносных апатитсодержащих рутиловых эклогитов (НРЭА-парагенезис). Действительно, клинопироксены обоих парагенезисов являются высокожелезистыми с очень близкими параметрами по магнию, кальцию и хрому (см. табл. 1). Но на этом их сходство заканчивается, так как по большинству других оксидов клинопироксены данных парагенезисов существенно различаются между собой. Разности ПАМЖЭ-парагенезиса содержат более высокие концентрации титана (в среднем 1,12 мас.% против 0,16 мас.% TiO_2) и максимальное по сравнению с клинопироксенами всех других парагенезисов количество калия (в среднем 0,42 мас.% K_2O) [2, 5]. Кроме этого, при аномально высокой железистости для клинопироксенов обоих парагенезисов разности из потенциально алмазоносных магнезиально-железистых эклогитов являются более железистыми (в среднем 11,33 мас.% FeO) в отличие от пироксенов из неалмазоносных апатитсодержащих рутиловых эклогитов (в среднем 10,01 мас.% FeO). Имеются отличия в составе данных клинопироксенов и по другим оксидам, в частности по оксидам натрия и марганца, а также по кремнезёму и глинозёму (см. табл. 1). Как результат, по компонентному составу клинопироксены ПАМЖЭ-парагенезиса относятся к жадеит-геденбергит-диопсидам, в то время как разности НРЭА-парагенезиса представлены акмит-геденбергит-жадеит-диопсидами. Следует добавить, что клинопироксены НРЭА-парагенезиса с характерным для них составом (см. табл. 1) были зафиксированы в ксенолитах неалмазоносных пироксенитов из трубок Ноябрьская и Русловая Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля ЯАП (И. М. Осташкин, 1990 г.).

Определённая схожесть составов просматривается и у клинопироксенов таких парагенезисов, как разности из неалмазоносных глинозёмистых эклогитов (НГЭ-парагенезис), которые отмечаются, в том числе, в эклогитоподобных породах [2, 5], и пироксены некимберлитового генезиса, а именно из базальтоидов (НПБ-парагенезис). На кластерной дендограмме составы клинопироксенов данных парагенетических групп находятся в парной связи (см. рис. 1), хотя и на более высоком уровне по сравнению с описанными выше составами. Клинопироксены данных парагенезисов относятся к высокоглинозёмистым разностям (в среднем 7,46–8,61 мас.% Al_2O_3) с невысоким содержанием кремнезёма (в среднем 48,49–49,69 мас.% SiO_2) и несколько повышенными концентрациями железа (в среднем 6,97–7,83 мас.% FeO) и титана (в среднем 0,58–1,40 мас.% TiO_2). В то же время клинопироксены из неалмазоносных глинозёмистых эклогитов значительно более титанистые (в среднем 1,40 мас.% TiO_2) [2] по сравнению с пироксенами из базальтоидов

(см. табл. 1). К тому же они содержат более высокую концентрацию оксида натрия (2,35 мас.% против 1,04 мас.% Na_2O) и значительно более низкие количества оксидов магния (11,44 мас.% против 13,07 мас.% MgO) и кальция (19,24 мас.% против 20,85 мас.% CaO). По компонентному составу клинопироксены НГЭ-парагенезиса относятся к геденбергит-диопсидам, тогда как пироксены из базальтодов представлены энстатит-Са-чермакит-диопсидами. Состав пироксенов из базальтоидов [4] был внесён в эталонную базу программы «MineralogicalAnalyse» в качестве индивидуального состава, характерного для минерала самостоятельного парагенезиса, в связи с повсеместной встречаемостью данной разновидности в ореолах рассеяния, особенно в районах с широким развитием пород трапповой формации. Пироксены из базальтоидов отличаются от клинопироксенов большинства кимберлитовых парагенезисов, особенно ультраосновной ассоциации, пониженным содержанием кремнезёма и магния, более высокими концентрациями кальция и титана при минимальном содержании хрома (см. табл. 1). По данным параметрам пироксены НПБ-парагенезиса приближаются к составам некоторых клинопироксенов эклогитовой специализации.

Общую кластерную группу, хотя и на достаточно высоком уровне связывания (см. рис. 1), образуют составы клинопироксенов трёх парагенезисов: разностей из слабоалмазоносных лерцолитов и вебстеритов (САЛВ-парагенезис), из слабоалмазоносных биминеральных эклогитов (САБЭ-парагенезис) и клинопироксенов из неалмазоносных гранат-ильменитовых перидотитов и пироксенитов, в том числе в парагенезисе с флогопитом (НГИПП-парагенезис). В первую очередь, сходство составов клинопироксенов данных парагенезисов проявляется в близких содержаниях оксидов титана (в среднем в пределах 0,53–0,57 мас.% TiO_2), натрия (в пределах 1,85–1,94 мас.% Na_2O) и магния (15,20–16,06 мас.% MgO) (см. табл. 1). Однако по остальным оксидам составы клинопироксенов данных парагенезисов отличаются друг от друга, причём по концентрации железа, хрома и глинозёма достаточно существенно. Так, клинопироксены из неалмазоносных гранат-ильменитовых перидотитов и пироксенитов (НГИПП-парагенезис) более железистые (в среднем 4,69 мас.% FeO) по сравнению с разностями двух слабоалмазоносных парагенезисов (в среднем 3,12 и 2,85 мас.% FeO) [2, 5]. Одновременно клинопироксены НГИПП-парагенезиса содержат значительно меньше глинозёма (в среднем 2,48 мас.% Al_2O_3) в отличие от разностей из слабоалмазоносных лерцолитов и вебстеритов, а также от клинопироксенов из биминеральных эклогитов (в среднем 5,39 и 3,99 мас.% Al_2O_3 соответственно). Прослеживаются отличия и по остальным оксидам в составе клинопироксенов данных парагенезисов (см. табл. 1), хотя они и менее значительные. По компонентному составу клинопироксены САЛВ- и НГИПП-парагенезисов относятся к энстатит-диопсидам, а разности из слабоалмазоносных биминеральных эклогитов (САБЭ-парагенезис) к жадеит-диопсидам. В отличие от близких по составу клинопироксенов двух слабоалмазоносных парагенезисов (САЛВ- и САБЭ-парагенезисов) клинопироксены НГИПП-парагенезиса установлены исключительно в неалмазоносных ксенолитах гранат-ильменитовых перидотитов (тр. Слюдянка) и гранат-ильменитовых пироксенитов (трубки Слюдянка, Мгришница) Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля ЯАП (И. М. Осташкин, 1990).

Клинопироксены остальных парагенезисов по составам проявляют достаточную самостоятельность и индивидуальность. Прежде всего это касается клинопироксенов высокоалмазоносных парагенезисов, составы которых на кластерной дендограмме в большинстве своём располагаются на значительном удалении от составов клинопироксенов других парагенезисов (см. рис. 1). Составы клинопироксенов двух из шести высокоалмазоносных парагенезисов охарактеризованы выше (ВАУ- и ВСАНХ-парагенезисы). Клинопироксены из высокоалмазоносных магнезиально-железистых эклогитов (ВАМЖЭ-парагенезис) обладают умеренной железистостью (в среднем 5,02 мас.% FeO) при невысоких содержаниях глинозёма (в среднем 2,24 мас.% Al_2O_3), оксидов титана (в среднем 0,28 мас.% TiO_2) и натрия (в среднем 1,03 мас.% Na_2O) [2, 5]. По содержанию титана, кальция и магния (см. табл. 1) клинопироксены данного парагенезиса схожи с разностями из слабоалмазоносных катаклазированных равномернозернистых лерцолитов, в том числе в парагенезисе с пикроильменитом (САКЛ-парагенезис), что и обусловило расположение составов на кластерной дендограмме в относительной близости друг от друга (см. рис. 1). По компонентному составу клинопироксены данных парагенезисов представлены энстатит-диопсидами (см. табл. 1). Однако клинопироксены САКЛ-парагенезиса по сравнению с разностями высокоалмазоносного ВАМЖЭ-парагенезиса более хромистые (в среднем 1,12 мас.% против 0,26 мас.% Cr_2O_3) и менее железистые (3,40 мас.% против 5,02 мас.% FeO), к тому же обладают значительно более высокой концентрацией кремнезёма (55,35 мас.% против 52,99 мас.% SiO_2) [2].

Клинопироксены из включений в алмазах и сростков с ними (ВСА-парагенезис) отличаются повышенными содержаниями натрия (в среднем 5,26 мас.% Na_2O) и хрома (в среднем 4,74 мас.% Cr_2O_3) при одновременно невысокой железистости (в среднем 2,25 мас.% FeO), умеренных концентрациях магния (в среднем 12,54 мас.% MgO) и кальция (в среднем 14,20 мас.%

CaO) [2, 5]. По компонентному составу клинопироксены ВСА-парагенезиса относятся к юриит-жадеит-диопсидам (см. табл. 1). На кластерной дендограмме состав клинопироксенов данного парагенезиса располагается на значительном уровне связывания от составов клинопироксенов остальных парагенезисов (см. рис. 1), что свидетельствует о его индивидуальности.

Высокожелезистые клинопироксены из включений в алмазах и сростков с ними (ВСАВЖ-парагенезис), напротив, характеризуются повышенной железистостью (в среднем 6,17 мас.% FeO) при ещё более высоких содержаниях натрия (в среднем 7,78 мас.% Na_2O) и хрома (в среднем 6,43 мас.% Cr_2O_3). Кроме этого, для клинопироксенов данного парагенезиса характерны пониженные концентрации магния (в среднем 8,48 мас.% MgO) и кальция (в среднем 12,10 мас.% CaO) [2, 5]. По компонентному составу клинопироксены ВСАВЖ-парагенезиса относятся к акмит-юриит-жадеит-диопсидам (см. табл. 1). На кластерной дендограмме состав клинопироксенов данного парагенезиса располагается на большом удалении по уровню связывания от составов разностей всех остальных парагенезисов (см. рис. 1), что также говорит о кардинальном отличии по составу клинопироксенов ВСАВЖ-парагенезиса от других клинопироксенов.

Высокохромистые клинопироксены из включений в алмазах и сростков с ними (ВСАВХ-парагенезис) обладают беспрецедентно высокой хромистостью (в среднем 11,56 мас.% Cr_2O_3), причём не только по сравнению с клинопироксенами высокоалмазоносных парагенезисов, но и со всеми остальными разностями (см. табл. 1). Помимо этого, клинопироксены ВСАВХ-парагенезиса отличаются максимальным среди разностей всех парагенезисов содержанием натрия (в среднем 8,51 мас.% Na_2O) при одновременно минимальном количестве кальция (в среднем 9,15 мас.% CaO). К тому же для клинопироксенов ВСАВХ-парагенезиса характерны пониженные железистость (в среднем 1,95 мас.% FeO) и магнезиальность (в среднем 8,29 мас.% MgO) [2, 5]. По компонентному составу высокохромистые клинопироксены из включений в алмазах и сростков с ними относятся к жадеит-юриит-диопсидам (см. табл. 1). На кластерной дендограмме состав клинопироксенов данного парагенезиса, как и разностей ВСАВЖ-парагенезиса, располагается на значительном расстоянии по уровню связывания от составов клинопироксенов всех остальных парагенезисов (см. рис. 1).

Клинопироксены АМУ-парагенезиса с характерным для них составом (см. табл. 1) установлены совместно с высокомарганцовистыми гранатами [6] в качестве включений в алмазах из алмазоносных метаморфизованных ультрамафитов типа коматиитов Французской Гвианы (пикритовые шошониты, лампрофиры) [7]. По составу клинопироксены из алмазоносных метаморфизованных ультрамафитов обладают повышенной железистостью (в среднем 7,78 мас.% FeO) при одновременно невысокой глинозёмистости (в среднем 0,98 мас.% Al_2O_3). Кроме этого, для клинопироксенов данного парагенезиса характерны минимальные содержания натрия (в среднем 0,44 мас.% Na_2O) при полном отсутствии хрома (см. табл. 1). Примечательно и то, что в клинопироксенах АМУ-парагенезиса отмечается повышенная концентрация калия (в среднем 0,21 мас.% K_2O). Но главным отличием данных клинопироксенов является аномально высокое содержание марганца, составляющее в среднем 4,60 мас.% MnO [7], что не характерно для клинопироксенов ни одного из определяемых программой «MineralogicalAnalyse» парагенезиса (см. табл. 1). По компонентному составу разности из алмазоносных метаморфизованных ультрамафитов (АМУ-парагенезис) относятся к высокомарганцовистым энстатит-геденбергит-диопсидам. На кластерной дендограмме состав клинопироксенов данного парагенезиса занимает индивидуальное положение на значительном уровне связывания от составов разностей других парагенезисов (см. рис. 1). Хотя клинопироксены АМУ-парагенезиса и встречены в породах, не относящихся к типичным кимберлитам, их состав был внесён в эталонную базу программы «MineralogicalAnalyse» в качестве самостоятельной парагенетической единицы. Не исключено, что высокомарганцовистые клинопироксены подобного состава, как и высокомарганцовистые гранаты, могут иметь место в ореолах рассеяния в пределах ЯАП, особенно в её окраинных частях, подвергнутых складчатости, где поставщиками данных высокомарганцовистых минералов алмазоносных парагенезисов могли служить нетрадиционные источники алмазов.

Для клинопироксенов из неалмазоносных железистых эклогитоподобных пород (НЖЭП-парагенезис) также характеры невысокие содержания натрия (в среднем 0,15 мас.% Na_2O) и глинозёма (в среднем 0,66 мас.% Al_2O_3) ([2, 5] при минимальной концентрации хрома (см. табл. 1). Однако в отличие от разностей АМУ-парагенезиса клинопироксены НЖЭП-парагенезиса значительно более железистые (в среднем 10,23 мас.% FeO) и менее марганцовистые (в среднем 0,25 мас.% MnO). Помимо этого, клинопироксены из неалмазоносных железистых эклогитоподобных пород обладают более низкой концентрацией магния (в среднем 11,88 мас.% MgO) при максимальном по сравнению с клинопироксенами всех остальных парагенезисов содержании кальция (в среднем 24,10 мас.% CaO). По компонентному составу разности НЖЭП-парагенезиса относятся к геденбергит-диопсидам (см. табл. 1). На кластерной дендограмме клинопироксены данного

парагенезиса расположены на одном из максимальных уровней связывания от клинопироксенов остальных парагенезисов (см. рис. 1), что свидетельствует об индивидуальности их состава.

Клинопироксены из неалмазоносных шпинелевых дунитов (НШД-парагенезис) и неалмазоносных шпинелевых вебстеритов, в том числе в парагенезисе с плагиоклазом и графитом (НШВ-парагенезис) с характерными для них составами (см. табл. 1), обнаружены в ксенолитах соответствующих пород из тр. Ноябрьская Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля ЯАП (И. М. Осташкин, 1990 г.). Клинопироксены данных парагенезисов отличаются невысокими содержаниями железа (в среднем 1,62–2,23 мас.% FeO) и натрия (в среднем 0,98–1,11 мас.% Na_2O) при повышенных магнезиальности (в среднем 15,83–16,30 мас.% MgO) и кальциевости (в среднем 22,70–23,66 мас.% CaO). В то же время разности из неалмазоносных шпинелевых вебстеритов в отличие от клинопироксенов НШД-парагенезиса более глинозёмистые (4,82 мас.% против 0,88 мас.% Al_2O_3) и хромистые (1,04 мас.% против 0,52 мас.% Cr_2O_3), к тому же обладают более низкими параметрами по кремнезёму (52,08 мас.% против 55,06 мас.% SiO_2). По компонентному составу клинопироксены из неалмазоносных шпинелевых дунитов относятся к жадеит-диопсидам, тогда как разности из неалмазоносных шпинелевых вебстеритов – к Са-чермакит-диопсидам (см. табл. 1). На кластерной дендограмме составы клинопироксенов данных парагенезисов пространственно несколько разобщены друг от друга (см. рис. 1) и достаточно удалены по уровню связывания от составов клинопироксенов остальных парагенезисов.

Клинопироксены из неалмазоносных ферроалькремитов (НФ-парагенезис) также обладают своеобразным составом, что хорошо видно из кластерной дендограммы (см. рис. 1), на которой состав клинопироксенов данного парагенезиса расположен на значительном уровне связывания от составов пироксенов остальных парагенезисов. Для пироксенов НФ-парагенезиса характерны невысокие содержания железа (в среднем 3,87 мас.% FeO) и натрия (в среднем 1,45 мас.% Na_2O) при одновременно умеренной магнезиальности (в среднем 13,28 мас.% MgO) и несколько повышенной кальциевости (в среднем 19,83 мас.% CaO) [2, 5]. Но главной отличительной особенностью клинопироксенов данного парагенезиса является их повышенная глинозёмистость, составляющая в среднем 8,59 мас.% Al_2O_3 (см. табл. 1), при одновременно пониженной концентрации кремнезёма (в среднем 51,78 мас.% SiO_2). Ко всему прочему, клинопироксены из неалмазоносных ферроалькремитов стерильны по отношению к марганцу и калию при минимальном содержании хрома (в среднем 0,04 мас.% Cr_2O_3). По компонентному составу клинопироксены НФ-парагенезиса являются жадеит-геденбергит-диопсидами (см. табл. 1).

Клинопироксены из неалмазоносных равномернозернистых лерцолитов (НРЛ-парагенезис) по сравнению с охарактеризованными выше разновидностями слабоалмазоносного САРЛ-парагенезиса обладают значительно более высоким содержанием глинозёма (среднем 8,43 мас.% Al_2O_3) при более низкой концентрации натрия (в среднем 1,06 мас.% Na_2O). К тому же для клинопироксенов НРЛ-парагенезиса характерна более высокая железистость (в среднем 3,49 мас.% FeO) [2, 5]. Кроме всего прочего, клинопироксены данного парагенезиса отличаются весьма невысоким содержанием кремнезёма – в среднем 48,85 мас.% SiO_2 (см. табл. 1), что более характерно для пироксенов из пород основного состава. По компонентному составу клинопироксены из неалмазоносных равномернозернистых лерцолитов относятся к энстатит-Са-чермакит-диопсидам. При этом содержание чермакитового компонента в них в среднем превышает 18 %. На дендограмме кластерного анализа состав клинопироксенов данного парагенезиса существенно удалён по уровню связывания не только от состава клинопироксенов своего слабоалмазоносного аналога (САРЛ-парагенезиса), но и от клинопироксенов всех остальных парагенезисов (см. рис. 1), что подчёркивает своеобразность состава данных клинопироксенов.

Как видно из дендограммы кластерного анализа (см. рис. 1), состав клинопироксенов из неалмазоносных рутиловых эклогитов, в том числе кварцсодержащих (НРЭ-парагенезис), проявляет некоторые черты сходства с составами клинопироксенов ПАМЖЭ- и НРЭА-парагенезисов, хотя и расположен от них на достаточно высоком уровне связывания. Клинопироксены НРЭ-парагенезиса отличают высокие содержания натрия (в среднем 5,93 мас.% Na_2O) и глинозёма (среднем 7,13 мас.% Al_2O_3) при пониженной кальциевости (в среднем 14,09 мас.% CaO) и минимальной концентрации магния (в среднем 7,88 мас.% MgO). Кроме этого, для разностей данного парагенезиса характерно почти полное отсутствие хрома (в среднем 0,02 мас.% Cr_2O_3). По компонентному составу клинопироксены из неалмазоносных рутиловых эклогитов относятся к акмит-геденбергит-жадеит-диопсидам (см. табл. 1). Клинопироксены данного парагенезиса установлены в ксенолитах неалмазоносных рутиловых эклогитов (включая кварцсодержащие) из трубок Русловая, Мгришница и Нюрба Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля ЯАП (И. М. Осташкин, 1990 г.).

Составы клинопироксенов из слабоалмазоносных глинозёмистых эклогитов (САГЭ-парагенезис) и потенциально алмазоносных дистеновых и гроспидитовых эклогитов (ПАДГЭ-парагенезис) наиболее

кардинально отличаются от составов клинопироксенов всех других парагенезисов. На кластерной дендограмме их составы расположены на максимальном удалении по уровню связывания от разностей остальных парагенезисов (см. рис. 1). Основным отличием клинопироксенов САГЭ- и ПАДГЭ-парагенезисов является аномально высокое содержание глинозёма (см. табл. 1), в среднем превышающее 15 мас.% Al_2O_3 [2, 5]. Помимо этого, клинопироксены данных парагенезисов отличают невысокие магнезиальность (в среднем 6,87–10,87 мас.% MgO) и железистость (в среднем 2,09–2,70 мас.% FeO) при минимальном содержании хрома (в среднем 0,05–0,08 мас.% Cr_2O_3). В то же время разности из слабоалмазоносных глинозёмистых эклогитов в отличие от клинопироксенов ПАДГЭ-парагенезиса содержат значительно более низкие концентрации кремнезёма (в среднем 46,16 мас.% против 55,88 мас.% SiO_2) и натрия (в среднем 2,98 мас.% против 7,72 мас.% Na_2O) при одновременно более высоких содержаниях магния (в среднем 10,87 мас.% против 6,87 мас.% MgO) и кальция (в среднем 18,01 мас.% против 10,99 мас.% MgO) [2, 5]. По компонентному составу клинопироксены САГЭ-парагенезиса относятся к жадеит-Са-чермакит-диопсидам, тогда как разности из потенциально алмазоносных дистеновых и гроспидитовых эклогитов – к диопсид-жадеитам (см. табл. 1). При этом содержание жадеитового компонента в клинопироксенах ПАДГЭ-парагенезиса превышает 50 %.

Согласно приведённым данным, для клинопироксенов алмазоносных парагенезисов (от высоко- до потенциально алмазоносных) в отличие от разностей неалмазоносных парагенезисов более характерны повышенные содержания калия, который практически не типичен для клинопироксенов неалмазоносных парагенезисов, а также натрия и хрома, при более низких параметрах по кальцию (см. табл. 1). Особенно это свойственно клинопироксенам ультраосновной ассоциации. Кроме этого, для клинопироксенов алмазоносных парагенезисов ультраосновной ассоциации характерны более низкие концентрации магния (см. табл. 1), хотя и нельзя сказать, что отмеченные особенности в составе клинопироксенов присущи абсолютно всем разностям среди выделенного набора парагенетических групп. В ряде случаев имеются некоторые исключения. Так, клинопироксены из включений в алмазах (ВАУ-парагенезис) могут содержать менее 1 мас.% оксида натрия (в среднем 1,43 мас.% Na_2O), в то время как в разностях из неалмазоносных рутиловых эклогитов содержание Na_2O в среднем составляет 5,93 мас.% (см. табл. 1). В качестве другого примера можно привести клинопироксены ВСА-парагенезиса, в которых полностью отсутствует калий, тогда как разности из неалмазоносных равномернозернистых лерцолитов (НРЛ-парагенезис) могут содержать до 0,05 мас.% оксида калия (в среднем 0,03 мас.% K_2O). Исключения существуют и по другим оксидам. Тем не менее отмеченная тенденция в различиях по составу клинопироксенов алмазоносных и неалмазоносных парагенезисов характерна для большинства разностей среди выделенного набора парагенетических групп (см. табл. 1).

Методика исследований. Химический состав клинопироксенов из тр. Чукукская исследован в Центральной аналитической лаборатории АК «АЛРОСА» на электронно-зондовой системе «Superprobe-8800R» фирмы «JEOL» (Япония), объединяющей возможности растрового электронного микроскопа высокого разрешения и высокочувствительного микроанализатора. Определения проведены на пятиканальном волновом микроанализаторе JXA-8800R фирмы «JEOL» с рентгеноспектральной приставкой LINK- ISIS 300 фирмы «Oxford» (Англия) с энергетическим разрешением 133 Эв и вакуумным постом JEE-400 фирмы «JEOL» (аналитик А. С. Иванов). Концентрации элементов определены с относительной ошибкой менее 5 % и чувствительностью до 10n ppm и менее при увеличении времени накопления импульсов. Полный количественный анализ выполнен при ускоряющем напряжении 20 кВт и токе пучка 10 nA. Для внутреннего контроля при изучении состава клинопироксенов применялись минеральные стандарты, изготовленные и аттестованные в ИГМ СО РАН г. Новосибирска.

Всего из тр. Чукукская изучено 65 зёрен клинопироксенов. Результаты микрозондовых определений приведены в табл. 2. Химические составы клинопироксенов, полученные при исследовании зёрен на рентгеновском микроанализаторе, были подвергнуты информационно-генетическому анализу авторами работы с применением оригинальной программы «MineralogicalAnalyse» для определения их парагенетической принадлежности.

Учитывая, что основная масса макрокристаллов минералов в кимберлитах (> 1 мм) имеет ксеногенное происхождение и связана с дезинтеграцией ксенолитов глубинных пород, программа «MineralogicalAnalyse» позволяет уверенно соотносить по составу МИК с глубинными минеральными парагенезисами. Заложенный в программе алгоритм пересчёта анализов и отнесения клинопироксенов к определённому парагенезису основан на использовании чисто химического состава минерала с привлечением статистических методов, без использования дискриминантных функций [2, 3]. Соответствие клинопироксенов конкретному парагенезису определяется программой по минимальному значению евклидова расстояния в процессе сопоставления их химического

2. Составы клинопироксенов из тр. Чукукская и результаты их пересчёта с использованием программы «MineralogicalAnalyse», мас.%

№№ п/п	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeOtot	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Total	Соответствие парагенетической группе
1	54,98	0,14	0,61	1,94	2,62	0,05	15,89	21,13	2,06	0,00	99,40	ВАУ
2	54,71	0,19	2,20	1,82	3,06	0,07	15,65	18,56	2,57	0,05	98,88	САРЛВП
3	54,51	0,25	2,26	3,21	2,47	0,09	15,07	18,18	2,99	0,02	99,06	САРЛ
4	54,67	0,32	2,71	2,43	2,74	0,09	15,56	16,97	3,31	0,02	98,83	САРЛ
5	54,74	0,29	1,90	0,62	4,77	0,11	18,68	16,23	1,75	0,01	99,11	САКЛ
6	54,94	0,17	1,36	2,66	2,50	0,10	15,11	19,91	1,89	0,01	98,64	САРЛВП
7	54,47	0,11	0,85	2,51	1,78	0,06	15,93	21,23	2,13	0,00	99,07	САРЛВП
8	54,63	0,13	0,79	3,77	2,36	0,12	15,39	19,27	2,80	0,00	99,25	САРЛ
9	54,08	0,19	3,07	1,89	2,75	0,11	14,69	19,35	3,04	0,01	99,19	САРЛ
10	53,72	0,19	1,75	1,50	3,53	0,11	15,86	20,00	2,28	0,04	98,97	САРЛВП
11	53,89	0,11	1,02	2,65	2,32	0,05	15,93	20,24	2,45	0,00	98,67	САРЛВП
12	54,50	0,08	2,01	1,94	2,62	0,08	16,45	18,15	2,68	0,03	98,54	САРЛВП
13	55,01	0,37	1,90	2,70	4,24	0,10	14,70	16,43	3,66	0,02	99,12	НИЛ
14	55,04	0,08	2,58	2,18	2,11	0,09	15,23	19,47	2,41	0,02	99,20	САРЛ
15	54,20	0,11	0,95	2,89	2,39	0,08	15,75	19,92	2,62	0,00	98,90	САРЛВП
16	54,28	0,25	2,69	5,14	2,61	0,08	4,33	14,88	4,59	0,05	98,89	ВСА
17	54,34	0,24	2,40	2,58	2,49	0,05	16,04	17,62	3,29	0,06	99,12	САРЛ
18	54,58	0,19	2,16	2,08	2,69	0,11	15,66	19,13	2,58	0,06	99,24	САРЛВП
19	54,54	0,29	1,77	0,68	4,56	0,15	19,82	15,57	1,70	0,05	99,14	НП
20	54,98	0,52	3,12	0,91	4,32	0,10	18,09	14,20	2,98	0,02	99,23	НП
21	53,90	0,21	2,10	2,92	2,38	0,08	15,41	19,06	2,73	0,03	98,82	САРЛ
22	53,97	0,23	2,34	3,04	2,24	0,06	15,03	18,97	3,06	0,01	98,94	САРЛ
23	54,71	0,05	3,42	3,30	2,03	0,08	14,06	17,45	3,91	0,00	99,00	САРЛ
24	54,59	0,27	2,64	2,24	3,33	0,06	14,75	17,65	3,17	0,00	98,70	САРЛ
25	54,39	0,33	1,91	0,48	4,76	0,13	18,92	16,33	1,91	0,05	99,21	НП
26	54,40	0,05	2,68	2,23	2,20	0,12	15,30	18,95	2,94	0,00	98,88	САРЛ
27	54,39	0,25	1,68	0,60	4,58	0,13	19,23	16,54	1,54	0,03	98,98	ВАМЖЭ
28	55,85	0,24	2,29	0,62	4,35	0,11	19,46	14,36	1,90	0,05	99,22	НП
29	54,69	0,19	2,05	2,52	2,43	0,12	15,69	18,58	2,73	0,00	99,01	САРЛ
30	54,14	0,04	0,57	2,58	1,90	0,07	16,20	21,31	2,05	0,01	98,86	САРЛВП
31	54,61	0,19	2,02	2,98	2,27	0,08	15,32	18,39	2,94	0,02	98,81	САРЛ
32	54,32	0,34	2,68	2,49	2,74	0,12	15,82	16,83	3,42	0,01	98,79	НИЛ
33	53,47	0,25	2,57	1,77	2,44	0,10	15,97	19,21	2,77	0,02	98,57	САРЛВП

Окончание табл. 2

№№ п/п	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeOtot	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Total	Соответствие парагенетической группе
34	54,80	0,23	2,53	2,51	2,23	0,09	15,53	18,22	2,92	0,05	99,11	САРЛ
35	54,68	0,23	2,26	2,84	2,03	009	14,94	19,52	2,64	0,01	99,23	САРЛ
36	55,06	0,22	2,13	1,16	3,40	0,16	15,11	19,55	2,28	0,02	99,08	САРЛВП
37	55,45	0,17	0,51	1,65	3,24	0,07	14,52	21,03	2,02	0,00	98,66	ВАУ
38	55,39	0,29	2,50	2,83	2,56	0,07	14,46	18,11	2,96	0,04	99,23	САРЛ
39	55,74	0,19	2,80	3,29	2,23	0,09	14,11	17,51	3,38	0,02	99,36	САРЛ
40	55,85	0,20	1,55	1,34	2,78	0,09	17,36	18,36	1,69	0,06	99,27	САКЛ
41	55,34	0,16	2,25	2,24	2,43	0,10	15,13	19,24	2,67	0,02	99,59	САРЛ
42	55,09	0,32	1,88	1,56	3,67	0,08	14,52	18,53	2,64	0,01	98,30	ВСАНХ
43	55,85	0,44	3,17	0,92	4,41	0,11	17,56	13,95	2,84	0,03	99,27	САПП
44	56,22	0,28	2,39	0,54	4,40	0,16	19,33	14,22	1,87	0,03	99,43	НП
45	56,71	0,04	0,50	2,01	1,84	0,07	15,19	21,52	1,67	0,03	99,58	ВАУ
46	55,27	0,17	1,84	4,65	1,93	0,11	14,70	16,29	3,49	0,04	98,51	САРЛ
47	54,90	0,19	2,37	3,80	3,80	0,13	14,08	16,02	3,67	0,03	98,99	САРЛ
48	55,22	0,25	2,10	1,27	3,15	0,07	15,16	19,62	2,22	0,01	99,08	САРЛВП
49	54,94	0,30	1,94	1,52	2,46	0,12	15,73	20,43	1,92	0,04	99,41	САРЛВП
50	55,56	0,25	2,31	1,35	2,49	0,05	14,66	20,17	2,30	0,01	99,13	САРЛВП
51	56,13	0,07	2,50	2,17	1,95	0,05	14,70	19,94	2,23	0,02	99,75	САРЛВП
52	54,30	0,42	2,43	2,75	3,07	0,13	14,90	16,79	3,61	0,01	98,40	САРЛ
53	55,31	0,12	2,61	4,05	2,25	0,10	14,39	16,42	3,75	0,05	99,04	САРЛ
54	54,65	0,15	2,15	2,69	3,07	0,13	14,72	18,75	2,94	0,05	99,30	САРЛ
55	55,45	0,03	2,93	2,49	2,03	0,08	14,42	18,57	3,08	0,00	99,09	САРЛ
56	55,04	0,12	3,81	3,49	2,31	0,13	13,36	17,17	3,96	0,02	99,41	САРЛ
57	55,57	0,18	3,35	3,07	2,99	0,15	14,13	15,72	3,91	0,01	99,08	НИЛ
58	55,62	0,09	2,08	2,18	1,99	0,10	14,99	19,54	2,10	0,00	98,70	САРЛВП
59	55,49	0,08	0,21	1,16	2,62	0,07	15,85	22,09	1,42	0,01	98,99	НШД
60	55,06	0,17	2,55	2,17	2,13	0,10	14,73	19,64	2,50	0,01	99,05	САРЛ
61	54,89	0,23	1,49	1,54	2,73	0,12	17,81	18,35	1,77	0,04	98,96	САКЛ
62	55,15	0,09	1,47	2,61	2,48	0,07	15,38	19,42	2,40	0,00	99,08	ВАУ
63	54,67	0,20	2,16	3,69	2,42	0,12	15,31	16,92	3,21	0,05	98,75	САРЛ
64	57,44	0,05	1,78	1,78	2,11	0,13	15,39	19,17	1,49	0,11	99,45	ВАУ
65	54,55	0,09	0,60	2,46	2,17	0,05	15,94	21,05	1,94	0,03	98,89	САРЛВП

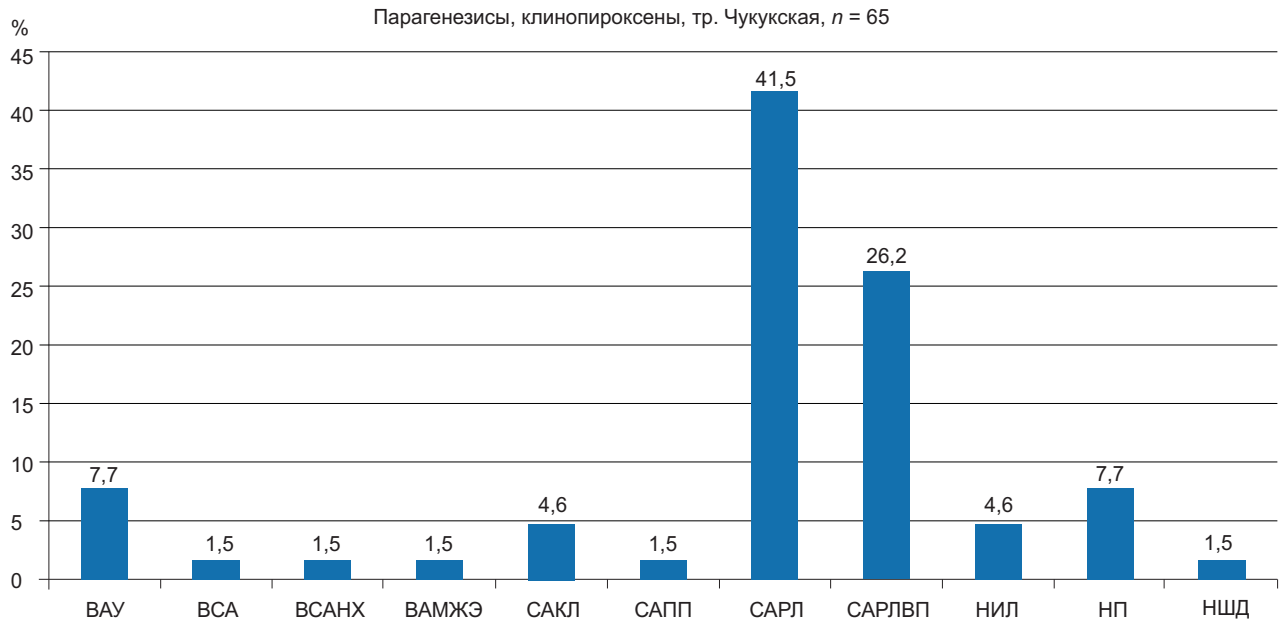


Рис. 2. Распределение клинопироксенов из тр. Чукукская по парагенетическим группам на основе их состава

состава с составами минерала из эталонных парагенезисов, внесённых в базу данной программы (с учётом среднего значения и доверительных интервалов по оксидам). По результатам пересчёта каждому индивидуальному составу программа автоматически присваивает аббревиатуру из начальных букв соответствующего парагенезиса минерала (см. табл. 2). Распределение клинопироксенов из тр. Чукукская по парагенетическим группам в результате пересчёта их составов с помощью программы «MineralogicalAnalyse» иллюстрирует рис. 2.

Результаты исследований. Результаты исследований показали, что основная масса клинопироксенов из тр. Чукукская по составу соответствует разностям из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов (САРЛ-парагенезис), на долю которых приходится 41,5 % (см. рис. 2). Одновременно устанавливается достаточно высокое содержание (26,2 %) клинопироксенов из слабоалмазоносных равномернозернистых ильменитовых лерцолитов, вебстеритов и пироксенитов (САРЛВП-парагенезис). Кроме этого, в изученной выборке присутствуют клинопироксены ещё двух слабоалмазоносных парагенезисов: из слабоалмазоносных катаклазированных равномернозернистых лерцолитов, в том числе в парагенезисе с ильменитом (САКЛ-парагенезис), и из слабоалмазоносных ильменитовых перидотитов и пироксенитов (САПП-парагенезис), на долю которых приходится 4,6 и 1,5 %, соответственно (см. рис. 2).

В сумме содержание клинопироксенов слабоалмазоносных парагенезисов составляет 73,8 %, что, в общем-то, согласуется со слабой алмазоносностью кимберлитов из тр. Чукукская. Однако данное обстоятельство считать закономерной связью преждевременно. Для достоверного выявления корреляционной связи между содержанием клинопироксенов определённых парагенезисов и степенью алмазоносности кимберлитов необходимо более представительное число анализов, причём из разных кимберлитовых тел с различной степенью алмазоносности. К сожалению, состав клинопироксенов из кимберлитов изучен значительно хуже по сравнению с такими МИК, как гранат или пикроильменит. В том числе по причине присутствия его не в каждом кимберлитовом теле. Поэтому в настоящее время на основе парагенетических особенностей состава клинопироксенов можно пока более определённо судить лишь о степени алмазоносности глубинных источников данного минерала (высокоалмазоносные эклогиты, слабоалмазоносные лерцолиты, неалмазоносные пироксениты и т. д.).

Наравне с преобладанием клинопироксенов слабоалмазоносных парагенезисов в изученной выборке зёрен из тр. Чукукская имеются разности высокоалмазоносных парагенезисов (см. рис. 2). Среди клинопироксенов, по составу отвечающих высокоалмазоносным парагенезисам, наиболее распространены разности из включений в алмазах ультраосновной ассоциации (ВАУ-парагенезис), на долю которых

приходятся 7,7 %. Кроме этого, отмечаются разности из включений в алмазах и сростков с ними с низкохромистым клинопироксеном (ВСАНХ-парагенезис) и из сростков с алмазами (ВСА-парагенезис), содержание которых по результатам исследований составило по 1,5 % для каждой парагенетической группы. Примечательно, что среди клинопироксенов из тр. Чукукская присутствуют разности, по составу отвечающие клинопироксенам из высокоалмазоносных магнезиально-железистых эклогитов (ВАМЖЭ-парагенезис – 1,5 %). Клинопироксены высокоалмазоносных парагенезисов – неотъемлемая составляющая часть алмазоносных кимберлитов, в том числе с промышленными содержаниями алмазов, и само присутствие их в трубках свидетельствует о потенциальной алмазоносности тел.

Среди исследованных клинопироксенов также встречаются разности, по составу отвечающие клинопироксенам неалмазоносных парагенезисов (см. рис. 2). В частности, отмечены клинопироксены из неалмазоносных ильменитовых лерцолитов (НИЛ-парагенезис – 4,6 %), неалмазоносных пироксенитов (НП-парагенезис – 7,7 %) и неалмазоносных шпинелевых дунитов (НШД-парагенезис – 1,5 %).

Заключение. Как показали результаты исследований состава клинопироксенов с использованием программы «MineralogicalAnalyse», в кимберлитах слабоалмазоносной тр. Чукукская преобладают разности, отвечающие именно слабоалмазоносным парагенезисам (73,8 %). Одновременно зафиксированы клинопироксены, по составу соответствующие высокоалмазоносным парагенезисам, суммарное содержание которых составило 12,3 %. Наличие таких клинопироксенов в пробах указывает на потенциальную алмазоносность их источников. Общее содержание клинопироксенов неалмазоносных парагенезисов составило 13,8 %. Особенностью исследованной выборки клинопироксенов из тр. Чукукская является и незначительное содержание разностей, по составу соответствующих эклогитовым парагенезисам, на долю которых приходятся всего 1,5 %.

Таким образом, использование программы «MineralogicalAnalyse» позволяет надёжно идентифицировать парагенетическую принадлежность клинопироксенов на основе их состава и более достоверно судить об источниках данного минерала в кимберлитах и связанных с ними ореолах рассеяния. Выделенные парагенетические группы клинопироксенов, составы которых внесены в эталонную базу программы «MineralogicalAnalyse», на сегодня наиболее полно характеризуют парагенетическое разнообразие состава данного минерала из кимберлитов и шлиховых ореолов. Специфика составов клинопироксенов из охарактеризованных парагенезисов совместно с парагенетическими особенностями состава других кимберлитовых минералов могут быть использованы при алмазопоисковых работах как для идентификации поисковых объектов, так и при оценке потенциальной алмазоносности коренных источников алмаза.

Авторы выражают огромную благодарность Гриценко Андрею Викторовичу за помощь в создании программы «MineralogicalAnalyse» и написание алгоритма пересчёта анализов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богатиков О. А., Гаранин В. К., Кононова В. А., Кудрявцева Г. П., Васильева Е. Р., Вержак В. В., Веричев Е. М., Парсаданян К. С., Посухова Т. В.* Архангельская алмазоносная провинция. – М. : Изд-во МГУ, 1999. – 524 с.
2. *Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Марфунин А. С., Михайличенко О. А.* Включения в алмазе и алмазоносные породы. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 240 с.
3. *Доусон Дж.* Кимберлиты и ксенолиты в них. – М. : Мир, 1983. – 300 с.
4. *Каминский Ф. В.* Алмазоносность некимберлитовых изверженных пород. – М.: Недра, 1984. – 173 с.
5. *Кротков В. В., Кудрявцева Г. П., Богатиков Е. П., Валуев Е. П., Вержак В. В., Гаранин В. К., Заостровцев А. А., Кононова В. А., Литинский Ю. В., Пашкевич И. Р., Степанов А. Н., Фортыгин В. С.* Новые технологии разведки алмазных месторождений. – М. : ГЕОС, 2001. – 310 с.
6. *Хмельков А. М., Власова Э. А.* Парагенезисы гранатов из кимберлитов // Вестник ВГУ, серия : Геология. – 2018. – № 4. – С. 9–19.
7. *Smith C. B., Bulanova G. P., Walter M. J., Kohn S. C., Mikhail S., Gobbo L.* Origin of diamonds from the Dachine ultramafic, French Guyana // 10-th International Kimberlite Conference Extended Abstract No 10IKC-97. – 2012.

REFERENCES

1. *Bogatikov O. A., Garanin V. K., Kononova V. A., Kudryavtseva G. P., Vasil'eva E. R., Verzhak V. V., Verichev E. M., Parsadanyan K. S., Posukhova T. V.* Arkhangel'skaya almazonosnaya provintsiya [Arkhangelsk diamondiferous province], Moscow, Publishing House of Moscow State University, 1999, 524 p. (In Russ.).
2. *Garanin V.K., Kudryavtseva G.P., Marfunin A.S., Mikhailichenko O.A.* Vklyucheniya v almaze i almazonosnye porody [Inclusions in diamond and diamond-bearing rocks], Moscow, Publishing House of Moscow State University, 1991, 240 p. (In Russ.).
3. *Douson Dzh.* Kimberlity i ksenolity v nikh [Kimberlites and their xenoliths], Moscow, Mir publ., 1983, 300 p. (In Russ.).

4. *Kaminskii F. V.* Almazonosnost' nekimberlitovykh izverzhennykh porod [Diamondiferous non-kimberlitic igneous rocks], Moscow, Nedra publ., 1984, 173 p. (In Russ.).
5. *Krotkov V. V., Kudryavtseva G. P., Bogatikov E. P., Valuev E. P., Verzhak V. V., Garanin V. K., Zaostrovtsev A. A., Kononova V. A., Litinskii Yu. V., Pashkevich I. R., Stepanov A. N., Fortygin V. S.* Novye tekhnologii razvedki almaznykh mestorozhdenii [New technologies for exploration of diamond deposits], Moscow, GEOS publ., 2001, 310 p. (In Russ.).
6. *Khmelkov A. M., Vlasova E. A.* Paragenezisy granatov iz kimberlitov [Garnet paragenesis from kimberlites], Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya: Geologiya [Proceedings of Voronezh State Universiry, Series: Geology], 2018, No 4, pp. 9–19. (In Russ.).
7. *Smith C. B., Bulanova G. P., Walter M. J., Kohn S. C., Mikhail S., Gobbo L.* Origin of diamonds from the Dachine ultramafic, French Guyana, 10-th International Kimberlite Conference Extended Abstract No 10IKC-97, 2012.

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

DOI:10.47765/0869-7175-2022-10018

УДК 528.77, 550.812.1, 553.81
© С. П. Александров, 2022

Отражение позиции кимберлитовых тел в материалах интерпретации космофотоснимков с использованием метода ГЕОНОМ

Разработанный автором метод ГЕОНОМ, использованный при интерпретации космофотоснимков, позволил выделить аномалии цветовых оттенков, к которым приурочены почти все известные трубки взрыва Зимнебережного района Архангельской области и большая их часть на исследованных участках Якутии, Карелии и Кольского полуострова. Метод основан на удалении (полном или частичном) с изображения на космофотоснимке влияния на него теней от топографического рельефа, а также облаков и снежных покровов. Реализован метод в виде специальной компьютерной программы ГЕОНОМ. Суть метода заключается в выделении на космофотоснимках аномалий цветовых оттенков, пространственно сопряжённых с искомыми объектами. Результаты применения метода представляются в виде карты аномалий цветовых оттенков, которые, вероятно, фиксируют проявления действия неотектонических, гидрогеологических и других факторов, обусловливающих специфическую расцветку участков ландшафта возле трубок взрыва. Несмотря на дискуссионность геологической и ландшафтной природы аномалий цветовых оттенков, выделяемых с применением метода ГЕОНОМ, их пространственная взаимосвязь с трубками взрыва весьма реальна. Акцентирование работ по поиску новых трубок взрыва на участках локальных магнитных аномалий, пространственно связанных с такими аномалиями цветовых оттенков, вероятно, может существенно может повысить их эффективность.

Ключевые слова: космофотоснимок, интерпретация, метод ГЕОНОМ, аномалии цветовых оттенков, поиск, трубки взрыва.

АЛЕКСАНДРОВ СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ, главный геофизик, geonomy@mail.ru

ООО «Алмазы Заполярья», г. Москва

Reflection of kimberlite position on materials of satellite image interpretation using the GEONOM techniques

S. P. ALEKSANDROV

OOO "Almazy Zapolyar'ya", Moscow

The GEONOM technique developed by the author for interpretation of satellite images has made it possible to distinguish anomalies of color shades, to which almost all known explosion pipes of the Zimneberezhny region in the Arkhangelsk Region, as well as most of such structures in the studied areas of Yakutia, Karelia, and the Kola Peninsula, are spatially confined. The technique is based on removal (complete or partial) of the influence of topographic relief shadows, clouds, and snow covers from a satellite image. It is implemented as the special computer program GEONOM. The essence of the technique consists in distinguishing anomalies of color shades in satellite images, that are spatially related to the prospecting targets. Results obtained using the technique are represented as a map of the anomalies of color shades. Such anomalies may fix manifestations of neotectonic, hydrogeological, and other factors that cause the specific coloring of landscapes near the explosion pipes. In spite of that the geological and landscape nature of the anomalies of color shades, distinguished using the GEONOM technique, is discussable, their spatial relationship to the explosion pipes is very real. Focusing of prospection works for new explosion pipes in areas of local magnetic anomalies, spatially associated with such anomalies of color shades, can significantly increase their effectiveness.

Key words: satellite image, interpretation, GEONOM technique, anomalies of color shades, prospection, explosion pipes.

Введение. Существует множество методов интерпретации космофотоснимков и способов их обработки. В разное время предпринимались попытки их использования для решения задач, связанных с поисками коренных месторождений алмазов (кимберлитовых трубок взрыва), в том числе на территории Зимнебережного района Архангельской области. Но по результатам интерпретации космофотоснимков здесь не было обнаружено ни одного кимберлитового тела.

В то же время практически стали безрезультатными и поиски трубок взрыва только по данным магниторазведки. Почти все интенсивные магнитные аномалии трубочного типа уже заверены бурением. Предпринимаемые в последние годы попытки ранжирования по перспективности слабоинтенсивных магнитных аномалий оказываются безуспешными. Применение геохимических, шлихоминералогических и других методов поисков в ряде регионов из-за мощной перекрывающей толщи осадочных пород положительных результатов не даёт [4, 5, 7, 9, 10]. Поэтому разработка новых методов получения дополнительной поисковой информации представляется наиважнейшей задачей.

Описание метода ГЕОНОМ. Метод обработки космофотоснимков (КФС) под названием ГЕОНОМ был разработан автором ещё в 1998 г. в целях более надёжного выделения цветовых структур ландшафта [1, 2]. Первоначально он был опробован и использован для решения задач, касающихся прогноза нефтегазовых залежей [1]. Для интерпретации КФС применительно к прогнозу и поискам коренных источников алмазов метод используется впервые.

Метод ГЕОНОМ основан на удалении (полном или частичном) с изображения на космофотоснимке влияния на него теней от топографического рельефа, а также облаков и снежных покровов. Реализован в виде специальной компьютерной программы ГЕОНОМ. Суть метода заключается в выделении на КФС аномалий цветовых оттенков (АЦО), пространственно сопряжённых с искомыми объектами (в данном случае с кимберлитовыми трубками). Для этого выполняются нижеперечисленные операции.

Первоначально изображение на КФС формата .jpg преобразуется в гриды закодированных в этом формате цветовых характеристик с последующим вычислением значений условно оцифрованных цветовых оттенков без учёта их яркости. Например, на снимке светло-зелёный и темно-зелёный цвета считаются единым зелёном цветом. То же самое и с другими цветами. Соответственно, например, участок леса с тенью от облаков будет иметь значения условно оцифрованных цветовых оттенков такие же, как участок леса без тени.

Далее вычисленные значения представляются в виде грида в условной системе координат снимка, которые затем заменяются на реальные географические. Полученный грид преобразуется в текстовый файл *x*, *y*, *z*, в котором географические координаты пересчитываются в прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера в нужной зоне. Текстовый файл посредством крайгинга преобразуется в грид, на базе которого строится карта аномалий цветовых оттенков.

Для каждого исследуемого участка визуально выбирается свой интервал цветовых оттенков, АЦО в котором при их минимально возможных размерах наилучшим образом фиксируют участки, к которым явно пространственно приурочены все известные на этом участке трубки взрыва. Далее в выбранных цветовых диапазонах строятся карты АЦО [1]. В настоящей работе по КФС-1 и КФС-2 созданы соответственно карты АЦО-1 и АЦО-2.

Из космофотоснимков, сделанных в разное время, необходимо выбирать такие, на которых АЦО, пространственно связанные с кимберлитовыми трубками взрыва, наиболее контрастно и локально проявлены. У автора выбор был ограничен КФС-1 и КФС-2, имеющимися в SASPlanet. Для получения результатов, представленных в статье, использованы космофотоснимки из общедоступного приложения SASPlanet с разрешением (по масштабной шкале SASPlanet) 13 (КФС-1) и 14 (КФС-2), расстоянием между пикселями не более 25 м в пределах заданных географических координат WGS84 изучаемых участков. Судя по явно различающемуся виду, КФС-1 и КФС-2 получены в существенно разное время.

Позиция кимберлитовых тел в материалах интерпретации КФС с использованием метода ГЕОНОМ. Пример аномалий цветовых оттенков КФС-1 (АЦО-1) на участках Зимнего берега, Терского берега и Карелии приведён на рис. 1. Здесь хорошо видно, что все трубки взрыва (обозначены звёздочкой) так или иначе пространственно приурочены к АЦО-1.

Для участка Зимнего берега (см. рис. 1, А), суммарная площадь АЦО-1 которого составляет около 12 % от общей площади, вероятность того, что все показанные здесь восемь трубок взрыва случайно совпали с АЦО-1, не превышает 1 %. Если вычислить вероятности случайного совпадения для других (см. рис. 1, Б, В) участков, то для одиночного Кимозёрского тела Карелии она составит около 20 %, Ермаковских трубок взрыва – менее 10 %. Однако если вычислить вероятность случайного совпадения сразу для всех трёх участков, то она, как и для одного участка Зимнего берега, не будет превышать 1 %. При этом, разумеется, такая малая вероятность случайного совпадения АЦО с трубками взрыва не означает, что все другие АЦО также будут связаны

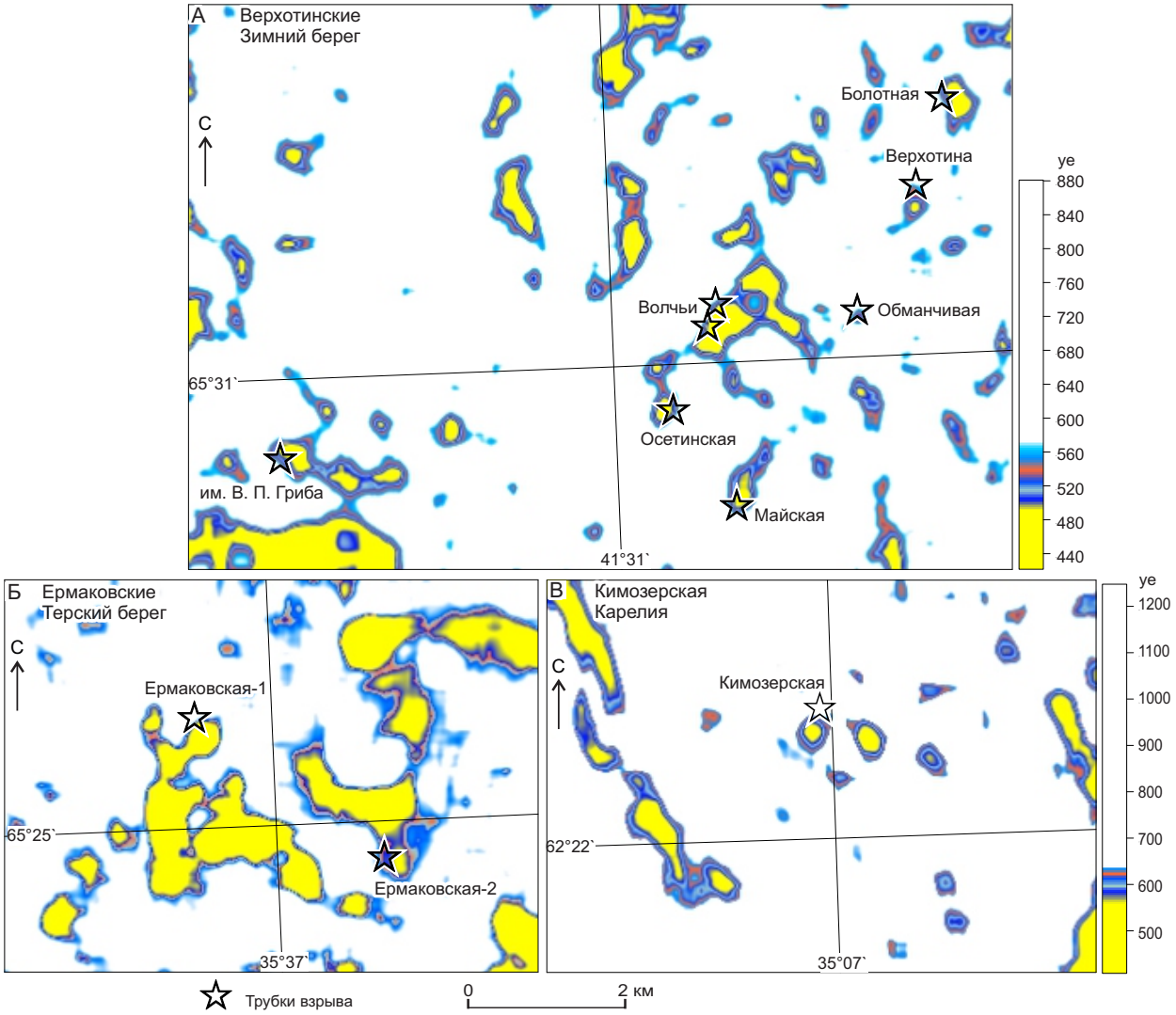


Рис. 1. Аномалии цветовых оттенков КФС-1 (АЦО-1) на участках Зимнего берега, Терского берега и Карелии

с ними. Скорее всего, можно предположить, что если не вскрытые ещё трубки взрыва на участке исследований есть, то они с большой вероятностью будут приурочены к АЦО, подобным АЦО, пространственно связанным с уже известными трубками взрыва. Следует обратить внимание, что трубки взрыва на рис. 1 приурочены к краевым частям АЦО-1, акцентированным сине-розовым цветом. Поскольку суммарная площадь краёв АЦО намного меньше, чем площадь всех АЦО-1 полностью, вероятность случайного совпадения трубок взрыва именно с краевыми частями АЦО будет ещё меньше.

АЦО-1 на рис. 2 заметно превышают по размерам АЦО-1 на рис. 1. Тем не менее большая часть трубок взрыва здесь, как и на рис. 1, тяготеет также к краям аномалий. А поскольку суммарная площадь этих краёв (акцентированных сине-розовым цветом) не превышает 15 % от площади участков, вероятность случайной приуроченности к ним достаточно большого количества трубок взрыва соответственно невелика. Исследования показали, что почти все остальные трубки взрыва Зимнего берега также приурочены к АЦО-1.

Таким образом, можно предположить, что установленная приуроченность трубок взрыва к краям АЦО-1 является неслучайной и, учитывая это, можно повысить эффективность поиска новых трубок взрыва за счёт преимущественного выбора для заверки бурением локальных магнитных аномалий, приуроченных к краям АЦО-1.

Как показывают шкалы условно оцифрованных цветовых оттенков на рисунках, цветовые диапазоны

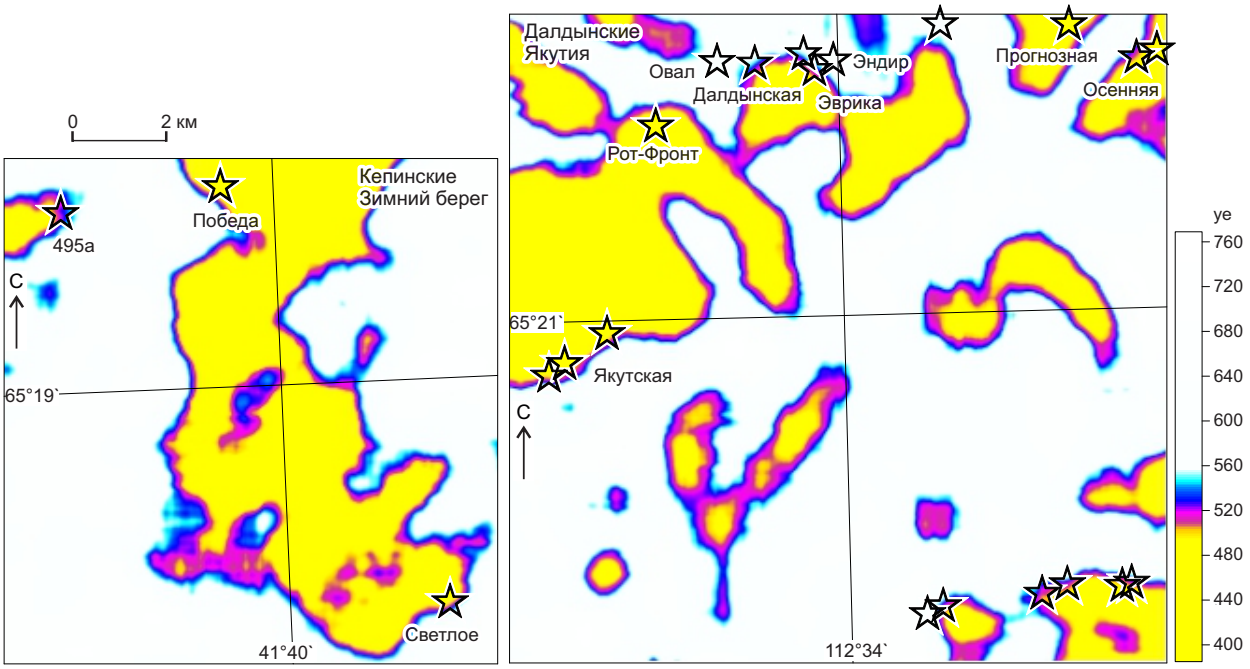


Рис. 2. Аномалии цветовых оттенков КФС-1 (АЦО-1) на участках Зимнего берега и Якутии

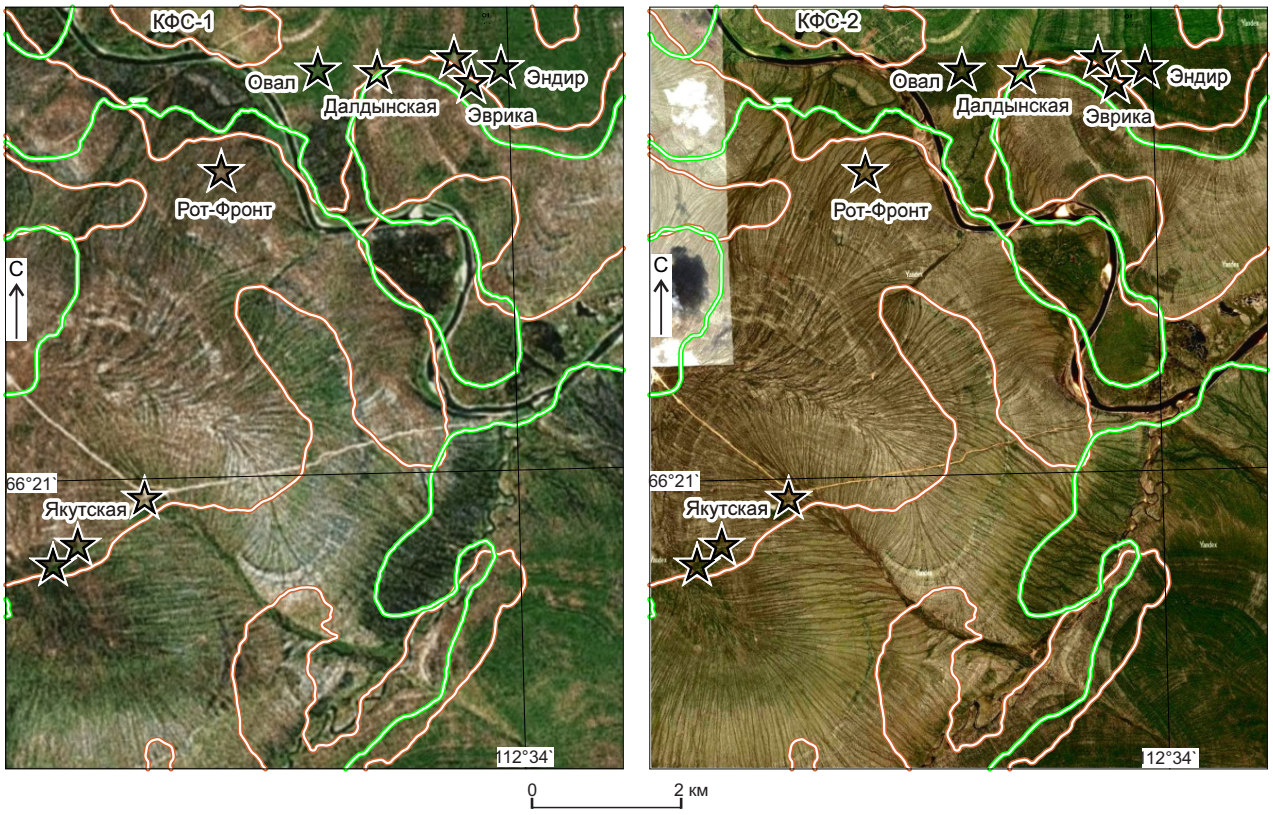


Рис. 3. Верхотинские трубки взрыва, КФС-1, КФС-2, контуры АЦО-1 (коричневые) и АЦО-2 (зелёные)

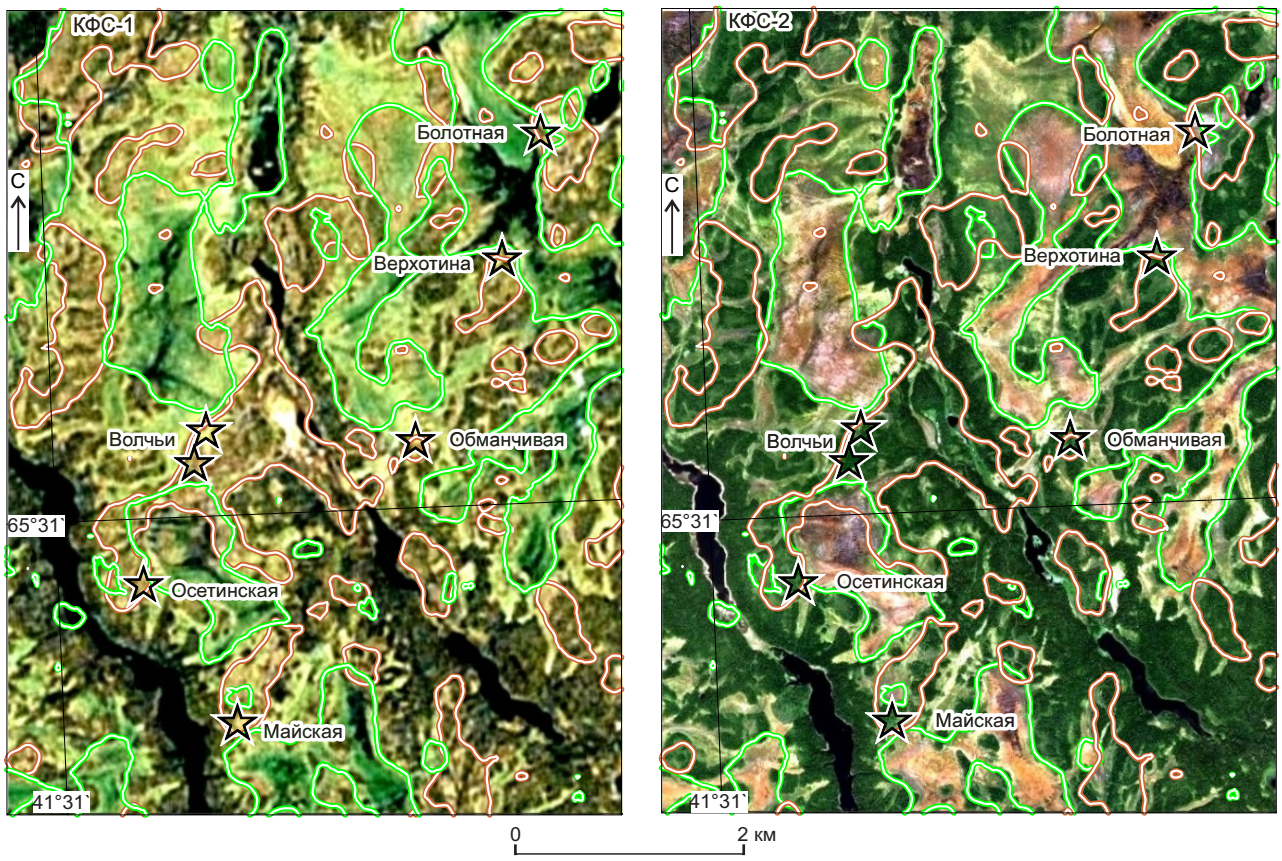


Рис. 4. Далдынские трубки взрыва, КФС-1, КФС-2, контуры АЦО-1 (коричневые) и АЦО-2 (зелёные)

АЦО-1 Зимнего берега, Карелии, Терского берега и Якутии (см. рисунки 1 и 2) несколько различаются, что вполне объяснимо, поскольку указанные площади расположены в пределах разных съёмочных сцен, в существенно различающихся ландшафтных обстановках и др.

Однако данное обстоятельство не умаляет поисковой значимости этих аномалий и говорит лишь о том, что для выявления поисково-значимых АЦО на других участках их цветовые диапазоны следует выбирать индивидуально, ориентируясь на уже известные трубки взрыва, или при отсутствии последних так, чтобы они обеспечивали наиболее контрастное выделение АЦО, расположение и облик которых максимально соответствуют существующим геологическим представлениям о формировании и размещении ожидаемых трубок взрыва.

Природа факторов, участвующих в создании АЦО, может быть самой разнообразной.

Связь трубок взрыва с особенностями современного рельефа подробно рассмотрена И.Б. Антоновой (1986) на основе результатов дешифрирования аэрофотоснимков [4]. «Из девяти выделяемых ею признаков нахождения трубок взрыва четыре можно отнести к геоморфологическим (в т.ч. и геоботанические), а остальные – к структурно-тектоническим. Это следующие признаки: 1) гипсометрический – выражается в понижении местности по контуру кольцевой структуры, поверхности же внутри и вне её остаются примерно одновысотными; 2) гидрографические: а) реки и ручьи, как правило, обтекают контур тела, создавая характерный рисунок фотоизображения; б) замкнутые и разомкнутые кольцевые контуры на территории болот подчёркиваются определёнными типами или ассоциациями болотных растений; 3) геоботанический – связан с закономерным распределением лесного покрова, который часто подчёркивает контуры трубочного тела. Наблюдается либо сгущение лесной растительности с внешней стороны по периметру тела, либо разреженность леса внутри его контура. Возможно полное отсутствие лесного покрова в пределах неширокой полосы по периметру кольцевой структуры» [4].

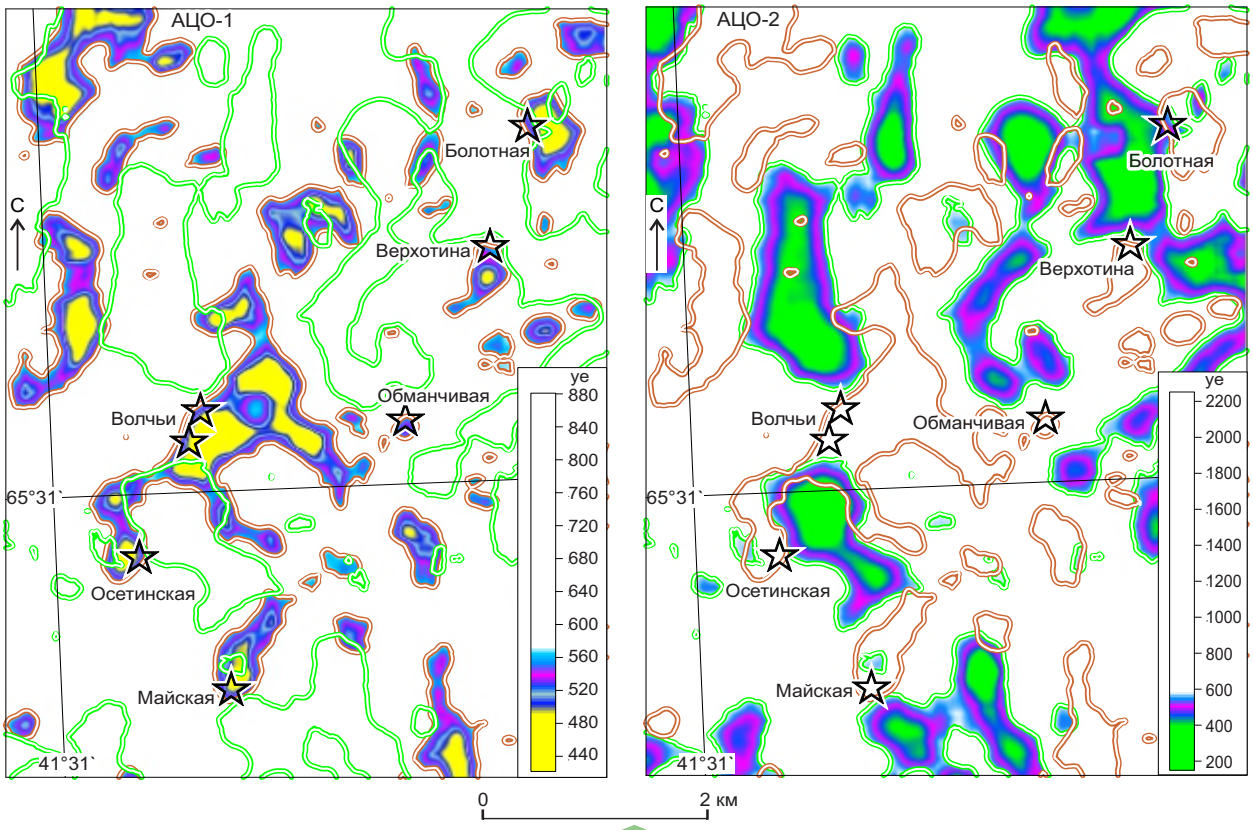


Рис. 5. Верхотинские трубки взрыва, АЦО-1, АЦО-2, контуры АЦО-1 (коричневые) и АЦО-2 (зелёные)

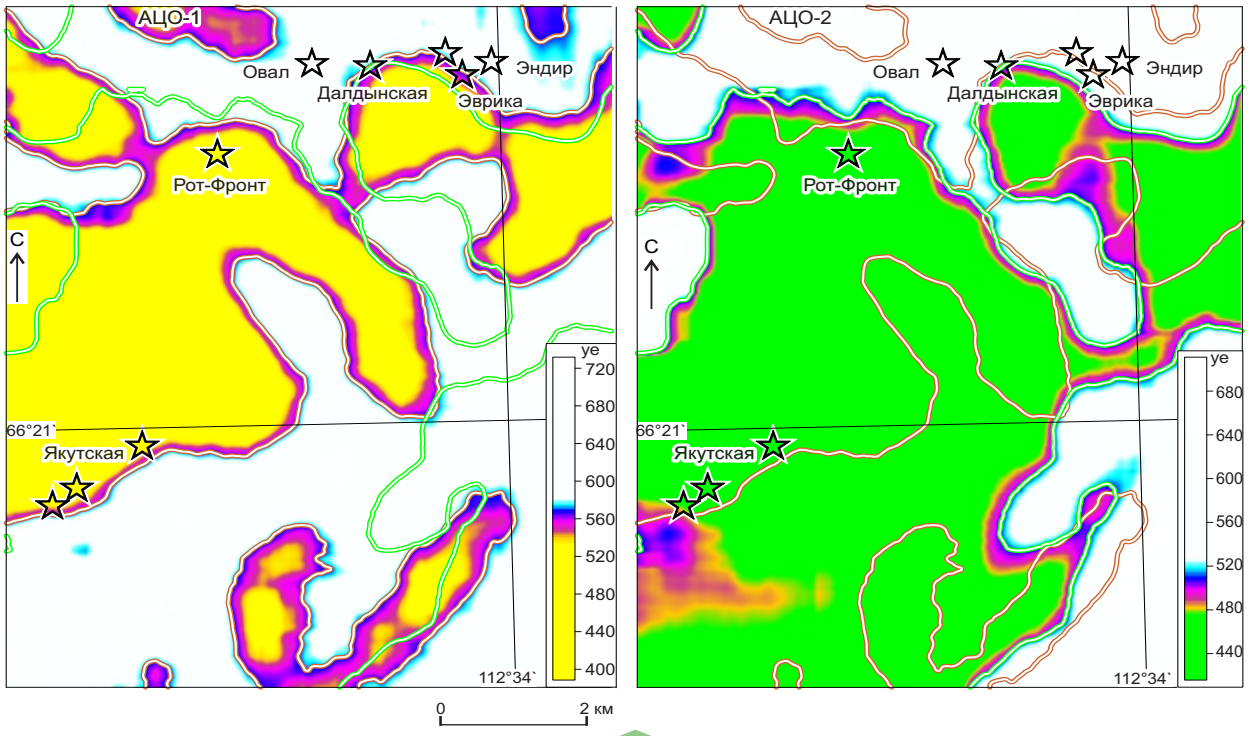


Рис. 6. Далдынские трубки взрыва, АЦО-1, АЦО-2, контуры АЦО-1 (коричневые) и АЦО-2 (зелёные)

Установленные И. Б. Антоновой признаки наличия трубок взрыва, вероятно, являются проявлением действия факторов (неотектонических, гидрогеологических и др.), которые в том числе обусловливают и специфическую расцветку участков ландшафта возле трубок взрыва, фиксируемых методом ГЕОНОМ в виде АЦО.

Участки АЦО на исходных космофотоснимках иногда отчётливо выделяются по их расцветке (рисунки 3, 4). При этом другие участки на этих же КФС, визуально выделяющиеся на них точно так же, могут не фиксироваться АЦО. И в то же время АЦО могут фиксировать участки, визуально ничем на этих же КФС не выделяющиеся. Например, на рисунках 3 и 4 заметно, что некоторые участки на КФС в пределах показанных контуров АЦО визуально выделяются по своей окраске, некоторые – не выделяются никак. Для того чтобы акцентировать это, КФС представлены с увеличенной с применением Corel Photo-Paint контрастностью (только для рисунков, но не для вычислений АЦО).

Поскольку природа выявленных АЦО неясна, можно ожидать, что, используя космофотоснимки, сделанные в другое время года, в других условиях и иными методами съёмки и формирования снимков, получим данные, отличающиеся от представленных на рисунках 1 и 2. Это предположение подтверждается результатом выделения АЦО на КФС, показанных на рисунках 3 и 4.

Как видно на рисунках 5 и 6, АЦО-1 и АЦО-2 заметно различаются как по структуре, так и по размерам. К краям АЦО-2 приурочено меньше трубок взрыва, чем к краям АЦО-1, т. е. поисковая значимость АЦО-2 более низкая.

На рис. 3 видно, что на КФС-1 и КФС-2 ландшафт имеет как бы взаимно инвертированную раскраску. Так, участки ландшафта на КФС-1 с зелёными оттенками на КФС-2 имеют коричневые оттенки, и, наоборот, участки ландшафта на КФС-1 с коричневыми оттенками на КФС-2 становятся зелёными. На рис. 4, если хорошо присмотреться, трубки взрыва Якутская и две соседние с ней расположены на границе, разделяющей участки ландшафта КФС-1 с зелёными (с юга) и коричневыми (с севера) оттенками. На КФС-2 эта граница не видна.

Конечно, было бы интересно проследить изменение раскраски ландшафта в динамике на этих участках. Но у автора такой возможности нет, и остаётся только предположить, что существуют некие геолого-ландшафтные факторы [1–4], неоднородно и «плавающе» меняющие его раскраску за счёт изменения погодных, сезонных и иных внешних, а также, возможно, подповерхностных процессов, в том числе обусловленных влиянием трубок взрыва.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что, несмотря на дискуссионность геологической и ландшафтной природы АЦО, выделяемых с применением метода ГЕОНОМ, их пространственная взаимосвязь с трубками взрыва весьма реальна.

Поэтому акцентирование работ по поиску новых трубок взрыва на участках локальных магнитных аномалий, пространственно связанных с АЦО, вероятно, может существенно повысить их эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров С. П.* Использование технологий ГЕОНОМ для исследования космофотоснимков применительно к решению прогнозно-поисковых задач в нефтегазоносных провинциях // Программа и тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Аэрокосмические технологии в нефтегазовом комплексе». – М. : Нефть и газ, 2009. – С. 46–47.
2. *Берлянт А. М.* Образ пространства: карта и информация. – М. : Мысль, 1986. – 240 с.
3. *Ишмухаметова В. Т.* Прогнозирование коренных месторождений алмазов на севере Сибирской платформы на основе дешифрирования материалов космической съёмки : специальность 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» : автореф. на соискание учён. степ. канд. геол.-минерал. наук / Ишмухаметова Венера Тальгатовна. – М., 2016. – 140 с.
4. *Кутинов Ю. Г., Чистова З. Б.* Иерархический ряд проявлений щёлочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. – Архангельск : Институт экологических проблем Севера УрО РАН, 2004. – 283 с.
5. *Мальцев М. В., Толстов А. В., Бережнев И. И.* Условия локализации и критерии поисков кимберлитов (на примере Ыгыаттинского алмазоносного района, Западная Якутия) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2018. – № 6. – С. 41–49.
6. *Милашев В. А.* Трубки взрыва. – Л. [СПб.] : Недра, 1984. – 268 с.
7. *Основы* литогеохимических, гидрогеохимических и биогеохимических методов поисков кимберлитов. – 2020. – URL: https://industrial-wood.ru/geohimicheskie-metody-poiska-mestorozhdeniy/17121-osnovy-litogeohimicheskih-gidrogeohimicheskih-i-biogeohimicheskih-metodov-poiskov-kimberlitov.html (дата обращения: 17.05.2022).
8. *Серокуров Ю. Н., Калмыков В. Д., Зуев В. М.* Космические методы при прогнозе и поисках месторождений алмазов. – М. : Недра, 2001. – 198 с.
9. *Симоненко В. И., Толстов А. В., Васильева В. И.* Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 4–5. – С. 108–112.

10. *Sobolev N. V., Tomilenko A. A., Kuz'min D. V., Logvinova A. M., Bul'bak T. A., Fedorova E. N., Nikolenko E. I., Reutskii V. N., Sobolev A. V., Batanova V. G., Grakhanov S. A., Kostrovitskii S. I., Yakovlev D. A., Anastasenko G. F., Tolstov A. V.* Prospects of search for diamondiferous kimberlites in the northeastern Siberian platform // Russian Geology and Geophysics. – 2018. – V. 59, № 10. – P. 1365–1379.

REFERENCES

1. *Aleksandrov S. P.* Ispol'zovanie tekhnologii GEONOM dlya issledovaniya kosmofotosnimkov primenitel'no k resheniyu prognozno-poiskovykh zadach v neftegazonosnykh provintsiyakh [The use of GEON technologies for the study of satellite images in relation to the solution of predictive and prospecting tasks in oil and gas provinces], Programma i tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Aerokosmicheskie tekhnologii v neftegazovom komplekse" [Program and abstracts of the International Scientific and Technical Conference "Aerospace technologies in the oil and gas complex"], Moscow, Neft' i gaz Publ., 2009. pp. 46–47. (In Russ.).
2. *Berlyant A. M.* Obraz prostranstva: karta i informatsiya [Image of space: map and information], Moscow, Mysl' Publ., 1986, 240 p. (In Russ.).
3. *Ishmukhametova V. T.* Prognozirovanie korennykh mestorozhdenii almazov na severe Sibirskoi platformy na osnove deshifrirovaniya materialov kosmicheskoi s"emki [Forecasting of the indigenous diamond deposits in the north of the Siberian Platform based on the interpretation of space survey materials: Extended abstract of candidate's thesis], Moscow, 2016, 140 p. (In Russ.).
4. *Kutinov Yu. G., Chistova Z. B.* Ierarkhicheskii ryad proyavlenii shchelochno-ul'traosnovnogo magmatizma Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii. Ikh otrazhenie v geologo-geofizicheskikh materialakh [Hierarchical series of manifestations of alkaline-ultrabasic magmatism of the Arkhangelsk diamond-bearing province. Their reflection in geological and geophysical materials], Arkhangel'sk, Institut ekologicheskikh problem Severa UrO RAN Publ., 2004, 283 p. (In Russ.).
5. *Mal'tsev M. V., Tolstov A. V., Berezhnev I. I.* Usloviya lokalizatsii i kriterii poiskov kimberlitov (na primere Ygyattinskogo almazonosnogo raiona, Zapadnaya Yakutiya) [Localization conditions and search criteria for kimberlites (on the example of the Ygyatta diamond-bearing region, Western Yakutia)], Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2018, No. 6, pp. 41–49. (In Russ.).
6. *Milashev V. A.* Trubki vzryva [Explosion tubes], Leningrad, Nedra Publ., 1984, 268 p. (In Russ.).
7. *Osnovy* litogeokhimicheskikh, gidrogeokhimicheskikh i biogeokhimicheskikh metodov poiskov kimberlitov [Fundamentals of lithogeochemical, hydrogeochemical and biogeochemical methods of kimberlite prospecting], 2020. Available at: https://industrial-wood.ru/geohimicheskie-metody-poiska-mestorozhdeniy/17121-osnovy-litogeohimicheskih-gidrogeohimicheskih-i-biogeohimicheskih-metodov-poiskov-kimberlitov.html (accessed 17.05.2022). (In Russ.).
8. *Serokurov Yu. N., Kalmykov V. D., Zuev V. M.* Kosmicheskie metody pri prognoze i poiskakh mestorozhdenii almazov [Space methods for forecasting and searching for diamond deposits], Moscow, Nedra Publ., 2001, 198 p. (In Russ.).
9. *Simonenko V. I., Tolstov A. V., Vasil'eva V. I.* Novyi podkhod k geokhimicheskim poiskam kimberlitov na zakrytykh territoriyakh [A new approach to geochemical searches for kimberlites in closed territories], Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources], 2008, No. 4–5, pp. 108–112. (In Russ.).
10. *Sobolev N. V., Tomilenko A. A., Kuz'min D. V., Logvinova A. M., Bul'bak T. A., Fedorova E. N., Nikolenko E. I., Reutskii V. N., Sobolev A. V., Batanova V. G., Grakhanov S. A., Kostrovitskii S. I., Yakovlev D. A., Anastasenko G. F., Tolstov A. V.* Prospects of search for diamondiferous kimberlites in the northeastern Siberian platform, Russian Geology and Geophysics, 2018, V. 59, No. 10, pp. 1365–1379.

Общероссийская общественная организация «Ветеран-геологоразведчик» отмечает 30-летний юбилей

В 1992 году в Российской Федерации была создана уникальная организация, объединившая специалистов-геологов огромной страны для важной созидательной работы – всесторонней поддержки отечественных ветеранов-геологоразведчиков и сохранения памяти о достижениях людей этой уникальной профессии, развития детско-юношеского геологического движения и повышения престижа профессии геолога. На протяжении трёх десятилетий Общероссийская общественная организация «Ветеран-геологоразведчик» осуществляет свою миссию, и трудно переоценить её вклад в сохранение и развитие человеческого капитала отрасли.

Поздравляя коллег с юбилеем движения ветеранов-геологов России, руководитель Федерального агентства по недропользованию Е. И. Петров отметил: «Многие сегодняшние ветераны работали в отрасли в период, который называют "золотой век российской геологии". Но нужно помнить, что именно эти люди своим трудом с полной самоотдачей и создали ту реальность, которую сегодня так красиво именуют. Их достижения, отношение к профессии, к своей стране, безусловно,– достойнейший пример для подражания».

Делегаты конференции В. О. Конышев, Г. С. Фесенко, К. К. Магомедов

Идея создания единой общественной организации геологов России принадлежит Министру геологии РСФСР в 1970–1987 гг. Льву Ивановичу Ровнину и специалисту в области поисков и разведки месторождений железных руд Зинаиде Ивановне Ивановской, более тридцати лет посвятившей работе в Центральном комитете профсоюза рабочих геологоразведочных работ. Л. И. Ровнин и З. И. Ивановская встали во главе инициативной группы, основавшей на историческом заседании в январе 1992 года организацию «Ветеран-геологоразведчик». Первым её председателем был избран первооткрыватель нефтегазовых месторождений Западной Сибири, Герой Социалистического труда Л. И. Ровнин. В 2005 г. начатое Л. И. Ровниным дело продолжил Заслуженный геолог РСФСР Владимир Борисович Мазур, работавший в 1981–1987 гг. заместителем министра геологии РСФСР. С 2010 г. обязанности председателя президиума Общероссийской организации «Ветеран-геологоразведчик» возложены на Заслуженного геолога России Леонида Павловича Антоновича, посвятившего геологии более полувека.

Секретари конференции Н. И. Назарова, Р. В. Базилевская

С самого начала целью общественной организации была консолидация ветеранов в краях и областях РФ. Для этого требовалось решить приоритетные задачи: привлечь внимание руководителей предприятий к нуждам ветеранов-геологоразведчиков, развернуть работу по популяризации профессии геолога, уделить внимание повышению правовой грамотности председателей региональных организаций, поддержать детско-юношеское геологическое движение, зародившееся в СССР и на рубеже веков нуждавшееся

в опоре в лице авторитетных специалистов геологоразведочной отрасли. Все эти задачи стали постоянной миссией Общероссийской организации «Ветеран-геологоразведчик», и в процессе их решения удалось достигнуть высокого уровня консолидации ветеранов отрасли. Об этом свидетельствует продуктивная работа 47 региональных и двух межрегиональных организаций «Ветеран-геологоразведчик» (в Москве и Санкт-Петербурге). В этих структурах состоит более 22 000 ветеранов-геологоразведчиков, в том числе около 200 участников Великой Отечественной войны и 1000 тружеников трудового фронта. В рядах общероссийской организации более 1000 исследователей, удостоенных звания Заслуженный геолог СССР и РФ, около 1500 лауреатов Ленинской и Государственной премий, свыше 300 первооткрывателей месторождений полезных ископаемых.

В ряде региональных организаций ветераны активно занимаются научно-технической деятельностью, публикуют статьи в отраслевых журналах, участвуют в конференциях с публикацией тезисов докладов.

Для участников детско-юношеского геологического движения, ставших победителями олимпиад, президиум Общероссийской организации «Ветеран-геологоразведчик» номинировал особые награды: видео- и компьютерную технику, геологическое оборудование.

Руководство Общероссийским объединением ветеранов-геологов осуществляет Президиум, избираемый сроком на пять лет на Общероссийской конференции. 23 июня 2022 года состоялась юбилейная Общероссийская конференция Общественной организации «Ветеран-геологоразведчик», в которой приняли участие 28 делегатов от 47 региональных и межрегиональных подразделений. Одним из важных решений, принятых конференцией, стало предложение заключить соглашение о сотрудничестве Общероссийской общественной организации «Ветеран-геологоразведчик» и АО «Росгеология».

Впереди у ветеранов огромная работа, без которой невозможны сохранение высокого престижа профессии «геолог» и в конечном счёте развитие кадрового потенциала геологоразведочной отрасли.

Редакция журнала «Отечественная геология» от имени многотысячной читательской аудитории поздравляет Общероссийскую общественную организацию «Ветеран-геологоразведчик» с тридцатилетием и желает коллегам успехов во всех начинаниях!

Открытие конференции. На трибуне генеральный директор ФГБУ «ВИМС» О. В. Казанов. Ведут заседание председатель Президиума ООО «Ветеран-геологоразведчик» Л. П. Антонович (слева) и его первый заместитель, председатель совета ветеранов Московской организации и совета ветеранов ФГБУ «ЦНИГРИ» В. О. Конышев

Памяти Константина Романовича Ковалева

Ушёл из жизни доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ИГМ СО РАН **Константин Романович Ковалев.**

Константин Романович окончил Северо-Кавказский горно-металлургический институт в 1961 году во Владикавказе по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» с квалификацией «Горный инженер-геолог» и был направлен в Институт геологии и геофизики СО РАН СССР. В 1970 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Особенности формирования руд колчеданно-полиметаллических месторождений Северо-Восточного Салаира и Восточной Тувы». В 1980 году ему было присвоено звание старшего научного сотрудника. В 1995 году Константин Романович защитил докторскую диссертацию на тему «Гидротермально-осадочный рудогенез на колчеданно-полиметаллических месторождениях Забайкалья».

К. Р. Ковалев занимался исследованием колчеданно-полиметаллических месторождений, детально изучал поведение золота в таких объектах различных формационных типов на территориях Сибири, Северного и Восточного Казахстана. Им опубликовано более 200 научных трудов, в том числе 5 монографий. За серию публикаций «Геология и генезис гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических месторождений Западного Забайкалья и Северного Прибайкалья» совместно с Э. Г. Дистановым в 1994 году Константину Романовичу присуждена премия Российской Академии наук им. С. С. Смирнова, а в 2001 г. премия МАИК «Наука/Интерпериодика».

Долгое время К. Р. Ковалев являлся членом диссертационного совета и экспертной комиссии ИГМ СО РАН.

С особым теплом коллеги вспоминают совместные полевые работы с Константином Романовичем. Как геолог с огромным опытом он легко организовывал полевой быт, решал ежедневные маршрутные задачи, передавал знания и опыт младшим коллегам. Его доброжелательность и чувство юмора всегда помогали в непростых полевых условиях.

Выражаем искренние соболезнования родным и близким Константина Романовича.

Коллектив и руководство ФГБУ «ЦНИГРИ»